

# **Análise da Viabilidade do Investimento num Equipamento Automático de Corte de Jito**

*Diogo Alexandre Faria Silva*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2017-07-13



*Em memória do meu Pai.*

## Resumo

Este documento é resultado de uma dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, desenvolvida em contexto empresarial na STA, Sociedade Transformadora de Alumínios, S.A.

A competitividade e a exigência do mercado onde atua a STA aumenta a necessidade de evoluir internamente, nomeadamente na qualidade e na melhoria dos seus processos produtivos. Na fundição por gravidade, o sistema de jitage resultante da moldação requer que este seja separado da peça moldada. Com as máquinas atuais de corte de jito, o corte resultante é inconstante, o que provoca problemas na operação seguida ao corte, a esmerilagem. A STA dispõe de um robot de esmerilagem, o qual tem definida uma especificação de cota correspondente ao excesso de jito derivado do corte, mas uma vez que o corte tem uma grande variabilidade na espessura do jito, as peças acabam por ser rejeitadas pelo robot. Atualmente, para cortonar esta situação, a STA recorre a uma tarefa extra, que consiste na remoção manual do excesso de jito. Isto é sinónimo de custos e perdas em vários níveis. As máquinas de corte atuais da STA apresentam elevados índices de risco, sendo um fator que coloca em causa a integridade física dos próprios colaboradores.

O objetivo do presente projeto foi analisar a viabilidade do investimento num novo equipamento de corte de jito, automático, de forma a garantir a precisão e a exatidão do corte resultante, e assegurar a segurança dos respetivos operários. O estudo da viabilidade implicou:

- a análise do fluxo produtivo,
- a determinação das referências de peças com maior peso para a STA, segundo a análise ABC,
- a avaliação dos fatores de risco das máquinas de corte através do método Simplificado de Avaliação de Riscos,
- a análise das causas de rejeição das peças,
- o estudo de tempos, usando a técnica do Estudo de Tempo Contínuo,
- a determinação das cadências produtivas,
- o cálculo dos índices de desempenho das máquinas de corte, de acordo com os princípios do OEE,
- o contacto com fornecedores de equipamentos adequados, incluindo a visita às respetivas instalações para uma análise mais detalhada das máquinas propostas,
- a análise de viabilidade dos orçamentos entregues pelos fornecedores, baseada nos critérios de decisão de projetos de investimento, tal como o Período de Retorno do Investimento, e o Valor Atual Líquido, e por fim,
- a otimização e melhorias no processo de corte, segundo os conceitos de *lean* e *kaizen*.

O estudo de tempos foi o pilar principal deste projeto, que permitiu determinar o estado atual da situação produtiva no corte de jito, e consequentemente quantificar os respetivos custos.

Além disso, o estudo de tempos permitiu também verificar tarefas que não acrescentam valor ao produto final. As melhorias implementadas no setor do corte de jito permitiram reduzir desperdícios, e consequentemente, incrementar as cadências produtivas. A análise de viabilidade do investimento foi elaborada para duas propostas de máquinas automáticas de corte de jito, e conclui-se que a melhor solução apresenta uma poupança anual de 11.255,39€, um *payback* de 3 anos e 4 meses e um VAL de 12.020,17€ correspondente a um período de 6 anos.

# Analysis of the Viability of an Investment in an Automatic Feeding System Cutting Equipment

## Abstract

This document is the result of the dissertation of the Integrated Master in Mechanical Engineering in the Faculty of Engineering of the University of Porto, developed at STA – Sociedade Transformadora de Alumínio, S.A..

The competitiveness and requirements of the actual market increases the needs of improving quality and optimizing the production processes. In gravity cast, the feeding system from the molding requires to be separated from the molded part. At STA the current feeding system cutting machines are inconstant, which creates problems in the following operation, the grinding. STA has a grinding robot, which is defined for a given quota specification correspondent to the excess of feeding system resulted from the cut, but once the cut has a large variability in the feeding thickness, the parts end up being rejected by the robot. Currently, to face this situation, STA does an extra task, removing manually the excess of feeding system. This means costs and losses in several levels with possible consequences at the physical integrity of the machine operators.

The goal of this project was:

- to analyse the viability of an investment in a new feeding system cutting equipment, this one automatic, to ensure the precision and accuracy of the resulting cut, and
- to assure the safety of STA workers.

The viability study required:

- a production flow analysis,
- the determination of the parts with more impact in STA, according to an ABC analysis,
- the evaluation of the dangers and risk of the cutting machines, using the Simplified Risk Assessment Method,
- the analysis of the parts rejection causes,
- a time study, using the Continuous Time Study technique,
- the determination of the productive cycle times,
- the cutting machines OEE evaluation,
- the contact with equipment suppliers, including the visit to their own premises for a more detailed and deep analysis,
- a viability analysis of the of the budgets delivered by the suppliers, based on the decision criteria of investment projects, such as the Investment Return Period, and the Net Current Value, and lastly,
- the cutting process improvement, following the *kaizen* and *lean* principles.

The time study was the main pillar of this project, that allowed to determine the current state of the productive situation in the feeding system cut, and consequently to quantify the respective costs. Besides that, the time study allowed to check the task without any value for the final product. The implemented improvements in the cutting sector allow waste reduction, and incrementing the productive cadences. The investment viability analysis was done for two proposals of automatic cutting machines, and concluded that the best solution has an annual cost reduction of 11.255,39€, a *payback* of 3 years and 4 months, and a Net Current Value of 12.020,17€ correspondent to a period of 6 years.

## Agradecimentos

Agradeço à STA por tudo o que me proporcionou. Fico eternamente grato a todas as pessoas que de uma maneira ou outra contribuíram para a realização deste trabalho, e que tornaram melhor o meu dia a dia durante esta estada. Agradeço à minha orientadora, Eng<sup>a</sup> Ausenda Leitão, por todo o apoio prestado durante o decorrer do projeto.

Quero agradecer ao meu orientador da FEUP, Eng.<sup>o</sup> Eduardo Gil da Costa, que se mostrou sempre disponível para me ajudar e apoiar com as melhores decisões.

Agradeço aos meus amigos que me acompanharam nesta caminhada e que se sentaram ao meu lado nos bons e nos maus momentos.

Por fim, agradeço à minha Mãe, e à minha família, que me educaram e me deram tudo para chegar até aqui.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação .....	1
1.2	A Empresa e o Projeto .....	1
1.3	Objetivos do projeto .....	2
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Estrutura da dissertação .....	3
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	Lei de Pareto / ABC .....	5
2.2	Análise de Fluxos.....	6
2.3	Segurança e Análise de Risco .....	7
2.4	Estudo de Tempos .....	8
2.5	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE).....	10
2.6	Cultura Kaizen.....	12
2.7	Análise de Projetos de Investimento .....	12
3	Análise da Situação Atual .....	14
3.1	Análise ABC .....	14
3.2	Fluxo Produtivo .....	15
3.2.1	Método de determinação do fluxo .....	15
3.2.2	Análise do fluxo produtivo.....	16
3.2.3	Considerações e comparação com as gamas operatórias .....	18
3.3	Fundição em Coquilha .....	18
3.4	Corte do Jito .....	20
3.5	Esmerilagem .....	23
3.6	Causas de Rejeição .....	23
3.7	Avaliação de Risco.....	25
3.7.1	Serra de fita .....	26
3.7.2	Balancé .....	27
3.7.3	Serra de Disco Manual .....	28
3.7.4	Máquinas Propostas .....	29
3.8	Problemas Verificados .....	29
3.9	Tempos de corte e retrabalho na esmerilagem.....	30
3.10	Cadências Produtivas .....	32
3.11	Indicadores de Desempenho .....	33
3.12	Visita aos fornecedores.....	34
3.12.1	Fornecedor usual da STA .....	35
3.12.2	Fornecedor alternativo .....	35
4	Soluções Propostas .....	38
4.1	Quantificação de Custos .....	38
4.2	Análise da viabilidade das máquinas propostas.....	39
4.2.1	Fornecedor Usual da STA .....	39
4.2.2	Fornecedor alternativo .....	42
4.3	Melhoria Contínua.....	45
4.3.1	Operações sem valor acrescentado .....	45
4.3.2	Melhorias Implementadas.....	47
4.3.3	Melhorias Obtidas .....	49
5	Conclusão .....	50
	Referências .....	52
	ANEXO A: Significado do Método Simplificado de Avaliação de Riscos .....	53
	ANEXO B: Folhas de cálculo do estudo de uma referência de peça .....	57
	ANEXO C: Lista de Tempos e Cadências para as Máquinas 2, 3 e 4.....	60

ANEXO D: Lista de Custos para as Máquinas 2, 3 e 4 .....	61
ANEXO E: Outras Hipóteses de Viabilidade .....	62
ANEXO F: Desenho da Estrutura em SolidWorks .....	66



## Siglas

AMP – Armazém de Matérias Primas

CF – *Cash Flow*

ND - Nível de Deficiência

NE - Nível de Exposição

NP - Nível de Probabilidade

NR - Nível de Risco

NS - Nível de Severidade

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

STA – Sociedade Transformadora de Alumínios

## Índice de Figuras

Figura 1 - Excesso de jito a remover .....	2
Figura 2 - Curva de Pareto (Slack <i>et al</i> , 1995) .....	5
Figura 3 – Método de avaliação subjetiva e com referências do fator de ritmo (PRONACI, 2003) .....	9
Figura 4 – Categorização dos tempos utilizados no cálculo do OEE (Nakajima, 1990).....	11
Figura 5 - Curva de Pareto aplicada ao corte de jito da coquilha.....	15
Figura 6 – Exemplo da nomenclatura aplicada a um determinado lote .....	16
Figura 7 - Fluxo produtivo das referências da coquilha .....	16
Figura 8 - Representação do fluxo produtivo relativo aos processos de acabamento .....	18
Figura 9 – Cavidade de um molde da STA .....	19
Figura 10 – Moldação Estática .....	19
Figura 11 – Moldação Basculante .....	20
Figura 12 - Máquina 1, Serra de Fita.....	21
Figura 13 - Máquina 2, Serra de Disco Automática .....	21
Figura 14 - Máquina 3, Balancé .....	22
Figura 15 - Máquina 4, Serra de Disco Manual .....	22
Figura 16 – Esmerilagem manual.....	23
Figura 17 – Defeitos do tipo Rechupe (1), Fissuras (2), e Mau Enchimento (3) .....	24
Figura 18 – Defeitos do tipo Porosidades.....	24
Figura 19 – Diferença de altura do excesso de jito derivado do corte para duas peças iguais .....	29
Figura 20 – Folha de observação.....	30
Figura 21 – Folha de cálculo “Registos” .....	31
Figura 22 – Folha de cálculo “Cálculos” .....	31
Figura 23 - Esquema representativo da determinação dos índices de desempenho .....	33
Figura 24 - Protótipo da máquina do fornecedor usual da STA.....	35
Figura 25 – Máquina mais bomba de acionamento e carrinho de programação e ferramentas .....	36
Figura 26 – Peça cortada .....	37
Figura 27 e Figura 28 – Operador a curvar-se para agarrar em mais peças e lote colocado em cima de outro .....	46
Figura 29 – Esquema representativo da troca de lote .....	46
Figura 30 – Estrutura com rodas.....	47
Figura 31 – Lote assente na estrutura projetada .....	48
Figura 32 – Rodas e cantoneiras da estrutura projetada .....	48
Figura 33 – Operário a tentar empilhar um contentor num espaço relativamente reduzido ....	49
Figura 34 - Teste de <i>outliers</i> .....	58

Figura 35 - Folha Resultados para o corte .....	58
Figura 36 - Folha Resultados para a esmerilagem.....	59

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Notação das atividades de um diagrama de processo (Ishiwata, 1991) .....	6
Tabela 2 - Lista de peças segundo a análise ABC .....	14
Tabela 3 - Análise da Serra de Fita .....	26
Tabela 4 - Análise do Balancé.....	27
Tabela 5 - Análise da Serra de Disco Manual .....	28
Tabela 6 – Lista de peças com tempos de ciclo e cadências .....	33
Tabela 7 - % disponibilidade .....	34
Tabela 8 - % produtividade .....	34
Tabela 9 – OEE.....	34
Tabela 10 – Custos anuais de corte e de esmerilagem .....	39
Tabela 11 – Poupança anual para a melhor alternativa .....	41
Tabela 12 – Cash flows para os cenários pessimista e otimista .....	41
Tabela 13 – Variáveis de decisão para o cenário pessimista.....	41
Tabela 14 – Variáveis de decisão para o cenário otimista.....	42
Tabela 15 – Número máximo de peças para as duas alternativas propostas pelo fornecedor ..	42
Tabela 16 - Poupança anual total.....	44
Tabela 17 – Cash flow gerado e acumulado para o cenário base .....	44
Tabela 18 - Variáveis de decisão para o cenário base .....	44
Tabela 19 – Tempos médios e percentagens da realização de outras tarefas .....	45
Tabela 20 - Avaliação num determinado nível de deficiência (Pedro, 2006) .....	53
Tabela 21 - Avaliação num determinado nível de exposição (Pedro, 2006).....	54
Tabela 22 - Relação entre o ND e o NE (Pedro, 2006) .....	54
Tabela 23 - Avaliação num determinado nível de probabilidade (Pedro, 2006).....	55
Tabela 24 - Avaliação num determinado nível de severidade (Pedro, 2006).....	55
Tabela 25 - Relação entre o NP e o NS (Pedro, 2006) .....	56
Tabela 26 - Folha Cálculo do tempo de corte.....	57
Tabela 27 - Folha Cálculo do tempo de esmerilagem .....	57
Tabela 28 – Lista de tempos e cadências da máquina 2 .....	60
Tabela 29 – Lista de tempos e cadências da máquina 3 .....	60
Tabela 30 - Lista de tempos e cadências da máquina 4.....	60
Tabela 31 - Custos anuais da máquina 2 .....	61
Tabela 32 - Custos anuais da máquina 3 .....	61
Tabela 33 - Custos anuais da máquina 4 .....	61
Tabela 34 – Poupança anual para a alternativa A.....	62
Tabela 35 – Variáveis de decisão para um cenário pessimista.....	62

Tabela 36 – Variáveis de decisão para um cenário otimista.....	63
Tabela 37 – Poupança anual para a alternativa B .....	63
Tabela 38 – Variáveis de decisão para um cenário pessimista.....	63
Tabela 39 – Variáveis de decisão para um cenário otimista.....	64
Tabela 40 – Poupança anual para a hipótese C .....	64
Tabela 41 – Variáveis de decisão para um cenário pessimista.....	65
Tabela 42 – Variáveis de decisão para um cenário otimista.....	65

## **1 Introdução**

O presente documento foi realizado no âmbito da unidade curricular Dissertação do Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica, MIEM, especialização de Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O documento é apresentado como o relatório final da Dissertação, e reflete todo o trabalho desenvolvido durante 4 meses nas instalações da empresa STA - Sociedade Transformadora de Alumínios, SA.

### **1.1 Enquadramento do projeto e motivação**

O projeto teve como objetivo a análise da viabilidade da compra de um equipamento de corte de jito na fundição de Alumínio por gravidade, com base na análise de tempos da respetiva secção.

A visão de melhoria contínua, aliada à exigência do mercado atual, este cada vez mais competitivo, e à capacidade de acompanhar a evolução tecnológica, são fatores que tornam necessário o incremento das cadências das linhas de produção, e a melhoria e inovação na qualidade dos processos produtivos, sendo esta a origem dos problemas do projeto. Estes fatores juntamente com elevados índices de risco associados a determinadas máquinas, tornam real um conjunto de situações que devem ser abordadas e desenvolvidas nesse mesmo sentido, daí a importância e relevância da realização deste trabalho para a empresa.

### **1.2 A Empresa e o Projeto**

A STA - Sociedade Transformadora de Alumínios, SA, constituída em 1989, em parceria com o grupo belga Sobinco, é uma empresa especializada no desenvolvimento e produção de sistemas para portas e janelas, em particular para caixilharias de alumínio. As suas instalações localizam-se na Rua Terramonte, n.º 771, 4470 – 122 Gueifães. A STA tem uma equipa que conta com 155 profissionais qualificados, e é uma empresa certificada segundo a norma ISO 9001 desde o ano de 2006. É detentora da marca Sofi, a qual já se encontra no mercado há mais de 40 anos, e que juntas são uma referência de Inovação, Design, Durabilidade, Qualidade e Tecnologia.

A Sobinco é um grupo que foi formado em 1961, e dedica-se à mesma atividade que a STA, com a particularidade de desenvolver outras soluções especializadas e adequadas às necessidades das empresas extrusoras de alumínio. É líder na Europa e é uma das marcas de maior prestígio internacional, contando com um grupo de 350 colaboradores profissionais. Esta parceria resulta numa cooperação estreita e numa aposta forte ao nível da investigação e desenvolvimento de novos produtos, através da partilha dos seus potenciais tecnológicos e industriais, maximizando desta forma o seu *know-how*. A adoção destes conceitos ligados a uma estrutura sólida e altamente engrenada, transformam o produto final em excelência para os clientes. Toda a cadeia de abastecimento da organização é focada no cliente final, e incutida numa combinação de eficiência e dinâmica criativa.

A visão da STA é liderar os mercados em que atua, sendo avaliada pelos seus clientes, na satisfação, profissionalismo, qualidade e inovação. Desejar que a equipa combine conhecimento técnico com o reconhecimento das necessidades dos clientes e dos mercados onde atuam. Procurar que a base do seu serviço sejam os seus colaboradores motivados e que acreditem fortemente no valor do seu trabalho.

A STA tem como missão produzir e comercializar ferragens para portas, janelas e respetivos serviços associados, que satisfaçam as necessidades dos clientes com o respeito pelos acionistas, colaboradores e comunidade envolvente.

O projeto inseriu-se na produção da fundição em coquilha, nomeadamente no corte de jito e na esmerilagem. O corte de jito das peças é realizado em máquinas de corte manual, o que resulta numa variabilidade e imperfeição na espessura do corte em determinadas referências das peças produzidas. Estes dois efeitos causados pelo corte, provocam problemas nos postos produtivos seguintes, criando algumas implicações e tarefas extra para contornar a situação. O processo de esmerilagem é manual ou robotizado, e é no segundo caso que surge a necessidade de proceder a uma esmerilagem manual de retificação para a peça ser aceite pelo robot, pois este está programado para determinadas especificações dimensionais. A tarefa de esmerilar o excesso de jito resultante do corte (Figura 1), traduz-se em custos suplementares e disponibilidades, ou neste caso, indisponibilidade dos operadores para realizarem outras tarefas, daí a necessidade de eliminar esta tarefa de retrabalho.



Figura 1 - Excesso de jito a remover

Outro problema associado ao corte de jito na fundição em coquilha é a segurança associada às máquinas de corte, nas quais o operador está sujeito a elevados riscos, sendo este um fator com peso em determinados níveis para a empresa.

### 1.3 Objetivos do projeto

Dados os problemas mencionados no parágrafo anterior, e face à exigência de melhorar a qualidade, quer dos processos produtivos, quer do produto final, desenvolveu-se um estudo nesse sentido de forma a obter as melhores soluções possíveis. Todo o trabalho realizado focou-se na viabilidade da compra de um novo equipamento, nomeadamente uma máquina automática para a elaboração do corte do jito, o que implicou a concretização de uma série de objetivos intermédios até se atingir o resultado dessa análise de viabilidade, que é apresentado como o objetivo final.

Os objetivos intermédios foram a verificação do fluxo produtivo das peças, a análise dos motivos pelos quais as peças são rejeitadas, a análise de risco às máquinas do corte de jito, a análise de tempos de corte do jito na coquilha e dos tempos de retificação do ataque na esmerilagem, e quantificar esses resultados em custos para ser possível definir a situação atual.

Outro objetivo, foi a sugestão e implementação de metodologias de melhoria contínua, uma vez que ao estudar tempos, foi possível relacionar com a análise de métodos, tentando assim uma redução nos tempos dos ciclos produtivos do corte.

A solução da compra de um novo equipamento foi uma medida imposta pela empresa, sendo que também foi proposta a apresentação de outras soluções, nomeadamente a compra de uma máquina diferente relativamente à indicada pelo fornecedor usual da empresa, ou simplesmente a definição de ações que permitam melhorar os processos de corte do jito.

#### **1.4 Método seguido no projeto**

O trabalho desenvolvido foi organizado em 3 grandes partes: o estudo da situação atual da produção, a implementação de melhorias nos processos produtivos, e a análise da viabilidade do investimento das máquinas propostas.

Na primeira parte, estudo da situação atual, houve necessidade de adquirir conhecimentos sobre os processos produtivos, daí que tenha sido feita uma análise ao fluxo produtivo, porque além do fluxo ser variável, existem tarefas que não estão mencionadas nas gamas operatórias já existentes, e definir assim desta forma as operações que as peças atravessam. Deu-se também atenção às rejeições que foram verificadas ao longo do fluxo, estabelecendo a origem dos defeitos, e em que fase da produção é que eles são detetados. A análise de risco das máquinas atuais, seguida de uma visita aos fornecedores, de forma a avaliar as máquinas deste mesmo ponto de vista, foram medidas realizadas para uma posterior comparação. A determinação das peças a serem consideradas e o respetivo estudo dos tempos, foram meios para a determinação das cadências atuais. O cálculo dos índices de eficiência de cada máquina encerra a análise da situação atual do projeto.

Numa 2ª fase, com o intuito de melhorar as tarefas relacionadas com o corte de jito, após um período de observação e registo de tempos, em simultaneidade com o estudo dos tempos da 1ª parte, foi possível verificar quais as potenciais melhorias. Sobre estas potenciais melhorias houve um pensar e uma pesquisa de forma a encontrar a melhor solução adequada para cada caso, e reduzir assim os tempos associados a ações envolventes do processo de corte.

Por fim, procedeu-se à análise da viabilidade do investimento, através da quantificação de custos dos parâmetros calculados e comparando-os com as referências dadas nas propostas pelos respetivos fornecedores. Contactaram-se outros fornecedores para além do atual da STA, requerendo um orçamento dos equipamentos, incluindo os tempos de corte, de forma a considerar outras alternativas. Apesar da análise das propostas dos fornecedores ter sido elaborada no final do projeto, o primeiro contacto com os fornecedores foi estabelecido o mais cedo possível. O esperado seria obter a poupança anual, o período de retorno do investimento e o valor atualizado líquido para cada uma das máquinas propostas.

#### **1.5 Estrutura da dissertação**

Este documento está estruturado em 5 capítulos. Na Introdução foi apresentado o projeto, os seus problemas e os objetivos a atingir.

No segundo capítulo, Enquadramento teórico, é definida toda a informação e sustentabilidade teórica usada nesta dissertação, juntamente com as respetivas fontes bibliográficas consultadas. Temas como a análise de métodos e tempos, melhoria contínua, análises de riscos associados às máquinas, medição da produtividade, e análise da viabilidade de um investimento, entre outros, formam os assuntos abordados nesta dissertação.

No terceiro capítulo é descrita a análise da situação atual produtiva, abordando e categorizando vários aspetos de uma forma aprofundada.



O quarto capítulo, Soluções Propostas, indica as medidas impostas com base na análise anterior, e é definida a viabilidade das máquinas propostas.

As conclusões que podem ser retiradas desta dissertação são apresentadas no último capítulo, Conclusão, nas suas diferentes perspetivas.

## 2 Enquadramento Teórico

Neste capítulo é apresentada uma descrição dos conceitos teóricos que se enquadram no trabalho desenvolvido durante todo o projeto, assentes em referências bibliográficas.

### 2.1 Lei de Pareto / ABC

A análise ABC, é usada para classificar itens ou atividades de acordo com a sua importância relativa. A lógica por trás da classificação ABC é que alguns clientes e produtos são mais benéficos para as empresas do que outros. Benefícios em termos de lucros, vendas, taxas de crescimento do segmento, e outros fatores importantes para a gestão de uma empresa. Usando o lucro como exemplo, a combinação produto-cliente mais lucrativa é aquela que deve receber mais atenção, e, portanto, melhores níveis de serviço ao cliente (Lambert, Stock, e Ellram, 1998).

Esta metodologia é muito aplicada em gestão de stocks. Num determinado inventário com diferentes artigos em stock, estes diferem na sua importância para as empresas, em termos de produtividade, no caso em que se verifica uma rutura de stock, sobretudo em artigos muito utilizados, e em termos do próprio valor associado aos determinados artigos, que podem representar uma quantia monetária significativa (Slack *et al*, 1995).

Tal como a análise ABC, a lei de Pareto (Figura 2) nota que em muitas situações, estas são dominadas por alguns elementos críticos relativos. Este conceito é geralmente referido como a regra dos 80/20 (Slack *et al*, 1995).

Segundo Slack *et al* (1995), é precisamente a taxa de utilização dos vários artigos que os classifica na forma como são controlados. A tendência é que a uma pequena percentagem de artigos corresponda uma elevada percentagem dos artigos produzidos, refletindo assim a regra dos 80/20:

- Classe A – cerca de 20% dos artigos correspondem a 80% do valor de uso;
- Classe B – cerca de 30% dos artigos correspondem a 15% do valor de uso;
- Classe C – cerca de 50% dos artigos correspondem a 5% do valor de uso.

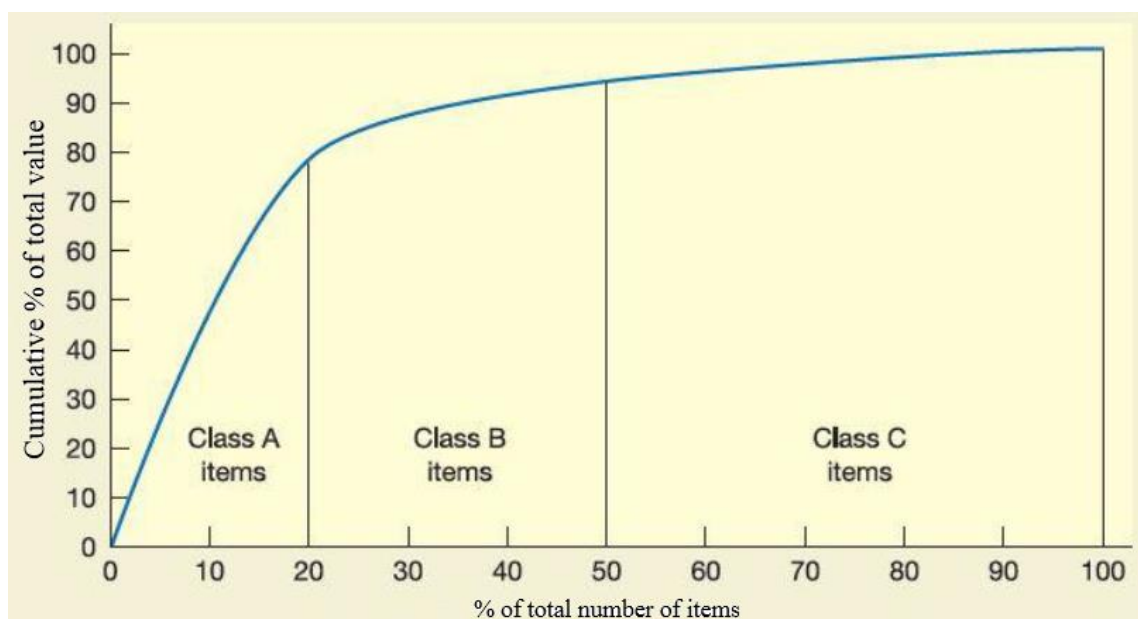


Figura 2 - Curva de Pareto (Slack *et al*, 1995)

## 2.2 Análise de Fluxos






Por processo produtivo entende-se tudo que é parte de uma organização que recebe matéria prima e transforma-a em produtos acabados, idealmente de maior valor para a organização relativamente à matéria de entrada. O processo tem um funcionamento, sobre o qual é essencial ter conhecimento, de forma a assegurar a competitividade de uma empresa. Um processo que não coincide com as necessidades da empresa vai prejudicá-la a cada segundo da sua atividade. Fluxo significa movimento de stocks no processo. Quando o stock não está em movimento, há acumulação de inventário, que consequentemente vai ocupar o espaço físico existente para esse efeito. Uma forma intuitiva de melhorar o fluxo é limitar o espaço para stock, de forma a que este não se acumule (Jacobs, Chase e Lummus, 2011).

Por norma, as atividades associadas a um processo afetam outro processo, daí que é importante considerar a simultaneidade do desempenho de várias tarefas. Uma maneira de começar a analisar um processo é com um diagrama que mostre os elementos básicos do processo – tarefas comuns, fluxos, e áreas de stock. Para descrever as tarefas são usados retângulos, para os fluxos usam-se setas, e para pontos de stock usam-se triângulos invertidos. Numa fase do processo em que há a necessidade de se tomar uma decisão, esta é representada por um losango, e em cada vértice do mesmo, flui uma seta para cada uma das hipóteses de atividade existentes (Jacobs, Chase e Lummus, 2011).

Desperdício é tudo o que não acrescenta valor à atividade. Um simples diagrama de processos permite classificar as suas atividades. Dos vários símbolos apresentados, o de Operação de Transformação é o único que representa uma ação com valor acrescentado, sendo todos os outros tipos de desperdício ou outros tipos de ações. Na maior parte das operações existentes, uma percentagem significativa do tempo em que as matérias estão na fábrica é relativa a operações que acrescentam custos, e não valor, e que são definidas na Tabela 1 (Jacobs, Chase e Lummus, 2011).

A Tabela 1 apresenta precisamente a simbologia referida para cada determinada operação, e o respetivo significado, conforme a metodologia proposta por Ishiwata (1991).

Tabela 1 - Notação das atividades de um diagrama de processo (Ishiwata, 1991)

Atividade	Símbolo	Significado
Operação de Transformação		Alteração da forma ou outras características do material, obtenção de produto semiacabado ou produto em vias de fabricação.
Transporte ou Manuseamento		Troca / movimentação do material, produto acabado, ou produto semiacabado.
Inspeção (conferência de materiais)		Contagem e conferência de materiais ou comparação de produtos de acordo com as suas especificações.
Armazenagem		Acumulação agendada de materiais, componentes ou produtos.
Atividades Combinadas		Operação com controlo de qualidade.

## 2.3 Segurança e Análise de Risco

A Segurança é um conceito que pode ser definido como Prevenção de Acidentes, e que engloba todo o tipo de ações que funcionam no sentido de evitar situações indesejadas no dia a dia de um trabalhador (Miguel, 2002).

“O regime jurídico do contrato de trabalho consagra um genérico dever patronal de proteção do trabalhador, no plano de Segurança e Higiene dos locais de trabalho.” A lei n.º 102/2009, alterada pela Lei n.º 3/2014 de 28/01, define concretamente o dever do empregador em assegurar ao trabalhador as condições de segurança e saúde em todos os aspetos do seu trabalho (Miguel, 2002).

“Segundo o n.º 1 do artigo 6.º da Lei n.º 100/97 (revogado pela Lei 98/2009) acidente de trabalho é o acidente que se verifique no local e tempo de trabalho e produza direta ou indiretamente lesão corporal, perturbação funcional ou doença de que resulte redução na capacidade de trabalho ou de ganho ou a morte” (Miguel, 2002).

Por forma a alcançar as devidas condições de trabalho em termos de segurança e saúde, os empregadores devem zelar principalmente pela prevenção. A gestão das atividades de prevenção dos riscos profissionais deve assentar numa correta e permanente avaliação de riscos (artigo 42º da lei 102). Uma avaliação de risco tem como objetivo descriminar todos os parâmetros que se inserem no meio Homem, Máquina e Ambiente, e que podem ser causas de acidentes. No fundo, permite identificar os perigos de certas atividades, quais os trabalhadores que estão expostos a esses perigos, e fazer uma apreciação dos riscos associados a essas mesmas atividades, resultando numa avaliação da sua significância e possivelmente em sugestões para melhorar essas mesmas condições (Miguel, 2002).

A norma portuguesa NP: 4397:2001 foi criada como resposta à necessidade e à exigência de uma norma aplicável a sistemas de gestão da Segurança e Saúde do Trabalho, a qual permite que sejam avaliados, e consequentemente sejam assegurados, os respetivos sistemas certificados (Miguel, 2002). De acordo com esta norma os conceitos de perigo e risco apresentam-se segundo as seguintes definições:

“Perigo: fonte ou situação com um potencial para o dano em termos de lesões ou ferimentos para o corpo humano ou de danos para a saúde, ou de danos para o ambiente do local de trabalho, ou uma combinação destes.”

“Risco: combinação da probabilidade e da(s) consequência(s) da ocorrência de um determinado acontecimento perigoso.”

Segundo o artigo 272.º da Lei n.º 99/2003, entretanto revogada pela Lei n.º 7/2009, é aprovado o código de trabalho, no qual o empregador tem que proceder à identificação e avaliação dos riscos aquando da conceção das instalações, bem como no decurso da atividade da empresa, estabelecimento ou serviço. No entanto, a lei não refere qual o método a usar para realizar o procedimento da análise de riscos, daí que compete aos responsáveis de cada entidade decidirem qual a abordagem a implementar (Miguel, 2002).

A abordagem apresentada neste trabalho, tal como descreve Luís Conceição Freitas (2016), é segundo o método simplificado de avaliação de riscos de acidente. É um método desenvolvido pelo Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INSHT, inserido na nota técnica NTP330, a partir de um modelo concebido por Kinney. Este modelo permite quantificar a magnitude dos riscos existentes associados às atividades operacionais. Esta análise consiste em dois conceitos, a **probabilidade** dos fatores de riscos se converterem em acidentes de trabalho, e a **severidade** associada a cada um deles, ou seja, as consequências que podem resultar relativas ao perigo avaliado.

Da aplicação do método simplificado resulta o Nível de Risco (NR) da operação em análise. Este é obtido através do produto entre o Nível de Probabilidade (NP) e o Nível de Severidade (NS), de acordo com a equação 2.1 (Freitas, 2016).

$$NR = NP \times NS \quad (2.1)$$

O Nível de probabilidade é determinado em função das medidas preventivas existentes, do Nível de Deficiência (ND), e do Nível de Exposição (NE) ao risco, resultando do produto entre ambos, de acordo com a equação 2.2 (Freitas, 2016).

$$NP = ND \times NE \quad (2.2)$$

O significado e os pressupostos dos valores atribuídos a cada Nível e do próprio Nível de Risco obtido, encontram-se no anexo A devido à sua extensão.

## 2.4 Estudo de Tempos

O estudo de tempos é uma técnica comum para definir o tempo padrão num determinado processo produtivo. É um indicador analítico e sistemático que mede o trabalho, e permite registar os tempos e os fatores de atividade para os diversos elementos associados a uma determinada operação, com o objetivo de serem analisados e tentar minimizar os tempos de execução das respetivas tarefas, através de métodos de trabalho mais fáceis, cómodos e eficazes. No fundo, a definição de tempos é uma necessidade face ao conceito de *lean*, pois é uma ferramenta que responde perante exigências de remoção de desperdícios, e permite quantificar os custos e benefícios de potenciais melhorias (Meyers e Stewart, 2002).

Na medição de tempos, de forma a que esta seja criteriosa, é necessário um material base, nomeadamente um cronómetro, uma máquina de filmar, uma prancheta de cronometragem e folhas de observação e registo dos dados (Meyers e Stewart, 2002).

O estudo de tempo inicia-se ao definir qual a operação a ser estudada, seguido da recolha de toda a informação relativa a essa operação, com o intuito de clarificar o que deve ser medido. É indispensável que todos os elementos de uma certa operação fiquem bem definidos. A divisão do trabalho em elementos facilita a descrição do processo, e o próprio facto de uma determinada operação ser composta por diferentes partes, permite medir cada uma separadamente. Os elementos devem ser definidos pelos instantes iniciais e finais que os caracterizam, e devem corresponder a uma duração mínima que justifique a sua medição. A distinção entre a máquina e o homem também deve ser feita, permitindo analisar o processo e conhecer o tempo de inatividade do operador e da máquina (Meyers e Stewart, 2002).

A técnica de cronometragem mais prática de ser aplicada é o estudo de tempo contínuo, na qual o cronómetro não para durante o estudo, e os tempos dos elementos são gravados continuamente e registados na folha de observação para uma posterior leitura dos mesmos. Os ciclos são o número de tempos elementares aplicáveis incluídos no tempo total. O tempo médio é o resultado da razão entre o tempo total e o número de ciclos (Meyers e Stewart, 2002).

O número de ciclos a serem cronometrados define a precisão e a credibilidade dos tempos obtidos - quantos mais ciclos, maior precisão. De uma forma geral, em estudos de tempos é usada uma precisão de +/- 5%, que também pode ser definida como o erro relativo associado, e um nível de confiança de 95%. Estes pressupostos, aliados a um interesse em não obter um número excessivo de cronometragens, dão forma à equação 2.3, que indica o número de ciclos a cronometrar numa determinada amostra (Meyers e Stewart, 2002).

$$\sqrt{N} = \frac{2 \times R}{A \times d_2 \times \bar{x}} \quad \text{ou} \quad N = \frac{4 \times R^2}{A^2 \times d_2^2 \times \bar{x}^2} \quad (2.3)$$

Onde:

N, é o número de ciclos para o estudo de tempos

R, é o intervalo da Amostra (valor mais alto dos dados menos o valor mais baixo)

A, é a precisão requerida ( $\pm 5\%$  ou  $\pm 10\%$ )

$d_2$ , é uma constante usada para estimar o desvio padrão da amostra. É função do tamanho da amostra e é obtida através de uma Tabela estatística, e

$\bar{x}$ , é a média aritmética; soma das observações dividida pelo número de observações

Por definição, para obter os dados de entrada da equação 2.3, é feita uma amostra com 15 cronometragens (Meyers e Stewart, 2002).

Segundo o Barnes (1958), o tempo normal traduz o tempo que um operador normal, a trabalhar a um ritmo confortável, demoraria até completar um ciclo. O observador compara o desempenho do operador sob o seu próprio conceito de observação do comportamento normal, sendo este fator de ritmo aplicado sobre o tempo de ciclo, originando o tempo normal.

A necessidade de avaliar o ritmo do operador surge, e entre vários métodos possíveis, a metodologia adotada consiste numa avaliação subjetiva, mas com algumas referências, de acordo com o Manual Pedagógico PRONACI (2003). O procedimento de definição do ritmo é obtido de acordo com a Figura 3.

Destreza			Esforço		
+0,15	A1	Super	+0,13	A1	Super
+0,13	A2		+0,12	A2	
+0,11	B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2		+0,08	B2	
+0,06	C1	Boa	+0,05	C1	Bom
+0,03	C2		+0,02	C2	
0	D	Média	0	D	Médio
-0,05	E1	Sofrível	-0,04	E1	Sofrível
-0,10	E2		-0,08	E2	
-0,16	F1	Fraca	-0,13	F1	Fraco
-0,22	F2		-0,17	F2	

Condições			Consistência		
+0,06	A	Ideais	+0,04	A	Super
+0,04	B	Excelentes	+0,03	B	Excelente
+0,02	C	Boas	+0,1	C	Boa
0	D	Médias	0	D	Média
-0,03	E	Sofríveis	-0,02	E	Sofrível
-0,07	F	Fracas	-0,04	F	Fraca

Figura 3 – Método de avaliação subjetiva e com referências do fator de ritmo (PRONACI, 2003)

A soma da pontuação de cada categoria atribuída ao operário em estudo, conforme a Figura 3, reflete o ritmo do próprio numa determinada tarefa. A equação 2.4 reflete o cálculo do tempo normal.

$$\text{tempo médio} \times \frac{\text{ritmo \%}}{100} = \text{tempo normal} \quad (2.4)$$

Por exemplo, um fator de ritmo de +0,11 é equivalente à percentagem de 111%, verificando-se um operador com um tempo de ciclo superior ao tempo normal de execução dessa mesma tarefa (Barnes, 1958).

O fator de alocação, também denominado de fator de tolerância, faz parte de um estudo de tempos para se definir o tempo padrão prático. Corresponde ao tempo em que se espera que o operador execute o seu trabalho, mas devido a fatores pessoais, fadiga, e atrasos inevitáveis, não consegue cumprir esse tempo de trabalho. A tolerância média é entre 10% e 15 % (Meyers e Stewart, 2001).

A tolerância por fatores pessoais abrange ocorrências como necessidades fisiológicas, hidratação, socializar com outros operadores sobre temas extratrabalho, entre outras. Um tempo apropriado foi definido e corresponde a cerca de 5% de um dia de trabalho (Meyers e Stewart, 2001).

O fator de tolerância por fadiga traduz o tempo que o operário em causa necessita para recuperar do cansaço físico e psicológico provocado pelo trabalho. Normalmente corresponde a intervalos para tomar café, têm uma duração variável, mas existe precisamente para permitir que o operário se recomponha da fadiga provocada pelo trabalho. 5% é o fator de fadiga normalmente atribuído (Meyers e Stewart, 2001).

O fator de tolerância por atrasos é tido como inevitável porque os atrasos estão fora do controlo do operador. Exemplos de atrasos inevitáveis são aguardar por instruções da chefia, esperar por material em falta, manutenção ou avaria nas máquinas, ajudar outros colaboradores noutras tarefas, o tempo de *setup* das máquinas, ocorrência de lesões ou assistência com primeiros socorros, etc. Assume-se 15 minutos do tempo de trabalho como tempo despendido em atrasos, que corresponde a aproximadamente 3% de um dia de trabalho (Meyers e Stewart, 2001).

As cadências de produção referem-se à quantidade produzida por unidade de tempo, e são vistas como o resultado do estudo de tempos. Pode-se ter cadências horárias por minuto ou por segundo e o cálculo geralmente é dado pela equação 2.5 (PRONACI, 2003).

$$\text{cadências} = \frac{\text{unidades produzidas}}{\text{unidade de tempo}} \quad (2.5)$$

## 2.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Todas as indústrias têm como missão produzirem ao mais baixo custo, sem comprometer a qualidade exigida pelos clientes. Mas são poucas aquelas que conseguem cumprir esta dura missão de manter elevados níveis de produção e os custos associados baixos. O OEE, *Overall Equipment Effectiveness*, é um indicador que permite categorizar perdas de tempo e identificar as principais melhorias a impor. Elimina-se os problemas de raiz, que em caso contrário iam continuar a levar a empresa para baixos níveis de eficácia. Basicamente, o OEE dá uma visão geral do desempenho de uma máquina, e permite perceber melhor o estado atual do desempenho da área de fabrico, e identificar as causas que estão a impedir melhores níveis de desempenho. Normalmente é usado em situações onde se verificam os gargalos da produção, que ocorrem quando uma máquina está a limitar a capacidade da produção, ou numa produção que envolve elevados custos (Hansen, 2001).

O OEE, segundo Nakajima (1990), pode ser estratificado pelas taxas de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade de uma determinada operação, conforme a Figura 4.

<b>Tempo Total</b>			
Tempo de Produção Planeado			Perdas Planeadas
Tempo de Funcionamento Real		Perdas de Disponibilidade	
Tempo de Operação Efetivo		Perdas de Rendimento	
Tempo de Produção Efetivo	Perdas de Qualidade		

Figura 4 – Categorização dos tempos utilizados no cálculo do OEE (Nakajima, 1990)

A **Disponibilidade** é definida pelo tempo útil em que a máquina realmente está a realizar a tarefa de valor acrescentado, sendo que o tempo de inatividade se deve à manutenção planeada, às paragens inesperadas, e a mudanças de *setups*. Todos estes parâmetros são esquematizados na Figura 4. É calculado através da equação 2.6 (Hansen, 2001).

$$\text{índice de disponibilidade} = \frac{\text{tempo de funcionamento real}}{\text{tempo de funcionamento planeado}} \quad (2.6)$$

O **Desempenho** traduz-se nas perdas de tempo em interrupções, paragens, e diminuição na velocidade do processo. Também pode ocorrer que a linha simplesmente não tenha produtos para processar, devido a outras operações anteriores. É calculado segundo a equação 2.7 (Hansen, 2001).

$$\text{índice de desempenho} = \frac{\text{tempo de ciclo teórico}}{\text{tempo de ciclo atual}} \quad (2.7)$$

A **Qualidade** representa a percentagem de peças que são produzidas dentro das especificações dos clientes, sendo influenciada pelas peças defeituosas, operações de retrabalho, e perdas no arranque. Calcula-se através da equação 2.8 (Hansen, 2001).

$$\text{índice de qualidade} = \frac{\text{Peças boas produzidas}}{\text{Total de peças produzidas}} \quad (2.8)$$

Assim, o cálculo do OEE é dado pela equação 2.9 (Hansen, 2001).

$$\text{OEE} = \text{índice de disponibilidade} \times \text{índice de desempenho} \times \text{índice de qualidade} \quad (2.9)$$



## 2.6 Cultura Kaizen

O conceito de *Kaizen* é compreendido como mudar para melhor. O Japão é a origem do *kaizen*, devido à forma de estar da sociedade deste país, com uma cultura de melhorar continuamente, não só as indústrias, mas a vida de uma forma geral. O *kaizen* indica um sentido de melhoria contínua, que faz com que as empresas adotem este sistema. As melhorias seguem uma ideologia de esforços nesse sentido, e de baixo investimento. O objetivo é evoluir de uma forma sistemática e consistente, e ir contra a ideia de inovação e desenvolvimento em grandes escalas e com custos significativos, com a vantagem de as modificações implementadas serem maioritariamente reversíveis (Imai, 1996).

Os princípios e ferramentas *kaizen*, segundo Coimbra (2013), são:

1. **Criar valor ao cliente** – A confiança em todos os colaboradores da empresa é essencial, devendo ser assumida entre eles, e garantir assim que a qualidade das peças é sempre assegurada durante o processo produtivo. Isto resulta numa satisfação do cliente quando lhe chega às mãos o produto final.
2. **Eliminar Muda** – A palavra japonesa muda significa desperdício. Definem-se 7 tipos de desperdícios, nomeadamente defeitos, espera de pessoas, movimento de pessoas, esforços nos processos que não agregam valor, espera de materiais, movimento de materiais e excesso de produção. Todas as operações que não acrescentam valor devem ser eliminadas. O cliente apenas está disposto a pagar por atividades com valor acrescentado.
3. **Desenvolver pessoas** – O envolvimento das pessoas nas atividades de melhoria, através do trabalho em equipa, é essencial para que os novos hábitos sejam facilmente acolhidos e praticados. Para cada melhoria existe um novo hábito a adotar, e isto envolve desde os gestores de topo até aos operadores, sempre com o foco na melhoria de qualidade, na satisfação do cliente e na redução de custos.
4. **Gemba Kaizen** – Gemba traduz-se em chão de fábrica e, juntamente com o termo Kaizen, indica mudar o Gemba para melhor. As melhorias implementadas no chão de fábrica são aquelas que acrescentam valor para o cliente, e exigem uma presença sistemática no Gemba para que haja controlo dos processos.
5. **Gerir visualmente** – este princípio remete para a ideia que uma imagem vale mais que mil palavras e que uma gestão visual dos processos é o método mais simples e eficiente de desempenhar uma certa tarefa. A definição de normas para os procedimentos de trabalho é outro meio para que a sua execução seja mais eficaz. Caso contrário, uma tarefa realizada por diferentes pessoas e de diferentes maneiras será fonte de Muda e variabilidade nos processos.

Quando se refere o termo *kaizen* não se pode deixar de referir o *Lean*, pois estes estão diretamente ligados. “Lean significa empregar os recursos mínimos para uma produção máxima” (Coimbra, 2013).

## 2.7 Análise de Projetos de Investimento

O objetivo de uma análise de projetos de investimento é determinar se o projeto cria valor e se há possibilidade de financiamento. Deve ser uma análise inequívoca, pois resulta numa decisão estratégica, a qual influenciará a empresa a curto ou a longo prazo (Lopes, 2014).

Investimento corresponde a uma aplicação de capitais, ou seja, respeita a um conjunto de recursos financeiros capazes de ter aplicação produtiva e/ou lucrativa (Marques, 1998).

Existem critérios de decisão que ajudam na avaliação e seleção de projetos, e são baseados nos *cash flows* descontados, ou seja, no equilíbrio entre os *cash flows* investidos e os *cash flows* gerados pelas atividades, considerando o valor temporal do dinheiro. Alguns destes métodos de decisão são o *Payback*, o VAL, e o TIR (Lopes, 2014).

Um termo importante a esclarecer é o *cash flow*, que significa fluxo de caixa ou fluxo de tesouraria. Pode ser um fluxo de entrada ou de saída, e abrange tudo o que faz alterar o saldo das disponibilidades, como entradas e saídas de dinheiro ou o resultado de somas ou diferenças de fluxos. O *cash flow* operacional aplica-se precisamente em fluxos de entrada líquidos de fluxos de saída, relativos à atividade operacional (Lopes, 2014).

O Período de Recuperação, conhecido globalmente como *Payback*, indica o tempo necessário até que se recupere todo o montante monetário investido num certo projeto. Consegue-se recuperar o montante monetário em causa, precisamente através das mais-valias que este vai gerar, e que se constata na redução de custos associados a essa mesma atividade. É uma das abordagens mais antigas com influência na decisão da viabilidade do projeto em análise. Tem que ser definido o período temporal máximo pelo qual se está disposto a reaver o montante investido, e caso a taxa de retorno seja superior ao valor em causa, então o projeto não é aceite. O seu valor pode ser calculado pela equação 2.10 (Lopes, 2014).

$$PR = NR + \frac{CR}{CF} \quad (2.10)$$

Onde:

NR, é o número de anos antes da recuperação completa do custo de investimento

CR, é a parte do custo de investimento a recuperar relativo ao ano NR, e

CF, é o *cash flow* do ano em que a recuperação completa ocorre

O Valor Atual Líquido, VAL, é uma variável que considera o valor temporal do dinheiro, e permite avaliar o valor do enriquecimento do projeto. Permite perceber se o projeto tem capacidade para repor o capital investido, remunerar esse capital à taxa exigida, e criar valor para a empresa. Pode ser calculado pela equação 2.11 (Lopes, 2014).

$$VAL = CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r_c)^t} \quad (2.11)$$

Onde:

$CF_0$ , é o CF relativo ao custo de investimento inicial previsto

$CF_t$ , é o CF líquido esperado do período t

n, é o n.º de períodos que dura o investimento, e

$r_c$ , a taxa de atualização apropriada ao projeto

O objetivo da construção de cenários é testar a sensibilidade do VAL a variações de vários fatores. Por norma, é coerente considerar três tipos de cenários: o cenário base, que é tido como o mais provável, o cenário pessimista e o cenário otimista, que são a pior e a melhor das hipóteses, respetivamente. Nos cenários pessimista e otimista, as variáveis assumem resultados extremos, possibilitando assim a consideração de alguns resultados possíveis (Lopes, 2014).

### 3 Análise da Situação Atual

Este capítulo aborda todo o levantamento da análise realizada à situação atual do processo produtivo em estudo. Todas as etapas realizadas encontram-se aqui discriminadas e caracterizadas. É a partir da análise do estado atual das operações de corte e da esmerilagem do excesso de jito que se poderá obter uma resposta para as necessidades que a nova máquina deverá corresponder.

#### 3.1 Análise ABC

A análise do estado atual da produção é iniciada pelo método ABC, o qual normalmente está associado à gestão de stocks, que permitiu identificar quais as peças que seriam abordadas neste trabalho, uma vez que no setor da fundição por gravidade existem mais de 150 referências, o que torna automaticamente impossível o estudo de todas as referências dado o período de tempo desta dissertação. Recolheu-se os dados apenas das peças que foram cortadas nas máquinas em estudo relativamente ao ano civil transato, reduzindo o número de referências para um leque de 51, e implementando a metodologia ABC, selecionou-se quais as referências que seriam abordadas neste trabalho. Na Tabela 2 é apresentada essa lista, descriminando as categorias A, B, e C.

Tabela 2 - Lista de peças segundo a análise ABC

Contagem	%	Artigo	Designação	Cadências Sistema (peças/hora)	Quantidade realizada total	Quantidade Acumulada	% relativa	% Acumulada	Análise ABC	Quantidade realizada Rejeitada	ROBOT?
1	2%	2G0133	BASE 4000-214.1	200	41625	41625	13,5%	13,5%	A	0	
2	4%	2G0017	MAN.1907-211.2	701	32894	74519	10,6%	24,1%	A	0	
3	6%	2G0140	BATENTE 6500AG/1 SA	300	31984	106503	10,4%	34,5%	A	8	
4	8%	2G0033	MAN.3253/1	835	22709	129212	7,4%	41,8%	A	0	X
5	10%	2G0162	MAN.82000-2AG	240	16668	145880	5,4%	47,2%	A	0	X
6	12%	2G0198	MAN.74012.2	150	12550	158430	4,1%	51,3%	A	0	
7	14%	2G0093	MAN.10912/1	500	10870	169300	3,5%	54,8%	A	0	
8	16%	2G0094	MAN.10943/1 SA	500	10359	179659	3,4%	58,2%	A	0	
9	18%	2G0002	MAN.10913/1 SA	858	9760	189419	3,2%	61,3%	A	0	
10	20%	2G0166	MAN.1907/211.2 CYL	701	9750	199169	3,2%	64,5%	A	0	
11	22%	2G0126	MAN. 1E 10938 SA	1068	9230	208399	3,0%	67,5%	B	0	
12	24%	2G0167	BOTÃO A3 9494	350	7444	215843	2,4%	69,9%	B	0	
13	25%	2G0163	MAN. 11457/1	835	6720	222563	2,2%	72,1%	B	0	X
14	27%	2G0139	MAN.821/1-2 SA	200	6085	228648	2,0%	74,0%	B	0	
15	29%	2G0189	MAN.82000B/2 SA	240	5976	234624	1,9%	76,0%	B	0	X
16	31%	2G0197	MAN.30000-670.2.SYL	300	5971	240595	1,9%	77,9%	B	3	X
17	33%	2G0024	BASE 822/1-1	750	5450	246045	1,8%	79,7%	B	0	
18	35%	2G0034	MAN. 3253/9	200	4959	251004	1,6%	81,3%	C	0	
19	37%	2G0041	MAN.10963/1.19	200	4300	255304	1,4%	82,7%	C	0	X
20	39%	2G0171	MAN.10273.27	843	4300	259604	1,4%	84,1%	C	0	X
21	41%	2G0025	MAN. 6960.1	1000	3945	263549	1,3%	85,3%	C	0	
22	43%	2G0032	MAN.3251/1	350	3900	267449	1,3%	86,6%	C	0	
23	45%	2G0035	BOTÃO 3253/10	500	3620	271069	1,2%	87,8%	C	0	
24	47%	2G0015	PUX. 5260 SA	938	3206	274275	1,0%	88,8%	C	0	
25	49%	2G0135	MAN.823 AG/1.2	100	3070	277345	1,0%	89,8%	C	0	X
26	51%	2G0158	PUX.82006.2 SA	720	2844	280189	0,9%	90,7%	C	0	
27	53%	2G0204	TAMPA REF 51 - 11562/1	360	2216	282405	0,7%	91,4%	C	0	
28	55%	2G0205	TAMPA REF 53 - 11562/2	360	2170	284575	0,7%	92,1%	C	0	
29	57%	2G0170	MAN.10273.26 SA	843	2150	286725	0,7%	92,8%	C	0	X
30	59%	2G0173	MAN.10963/1.14	843	2150	288875	0,7%	93,5%	C	0	X
31	61%	2G0195	MAN.80200-50.2AG SA	240	1998	290873	0,6%	94,2%	C	0	
32	63%	2G0037	MAN.10273.14 SA	843	1957	292830	0,6%	94,8%	C	0	X
33	65%	2G0202	MAN.30000-670.2 CYL B SA	300	1825	294655	0,6%	95,4%	C	0	X
34	67%	2G0159	MAN.82002.2 SA	240	1750	296405	0,6%	96,0%	C	0	
35	69%	2G0014	PUX.5279 SA	938	1574	297979	0,5%	96,5%	C	0	
36	71%	2G0141	MAN.824FL/1.2 SA	100	1510	299489	0,5%	97,0%	C	0	X
37	73%	2G0177	MAN.10963/1.27 SA	843	1240	300729	0,4%	97,4%	C	0	X
38	75%	2G0018	MAN.822/1.2 SA	1000	1188	301917	0,4%	97,8%	C	0	
39	76%	2G0203	ASA 82005.2 SA	200	1104	303021	0,4%	98,1%	C	0	
40	78%	2G0176	MAN.10963/1.26 SA	843	1100	304121	0,4%	98,5%	C	0	X
41	80%	2G0208	MAN.11569/1	701	930	305051	0,3%	98,8%	C	0	
42	82%	2G0013	PUX.5278 SA	938	657	305708	0,2%	99,0%	C	0	
43	84%	2G0199	MAN.74012B.2 SA	150	622	306330	0,2%	99,2%	C	0	
44	86%	2G0207	FUNDO 11563/2 SA	180	521	306851	0,2%	99,3%	C	0	
45	88%	2G0194	EMBASE GRUMO 973-657	60	510	307361	0,2%	99,5%	C	0	
46	90%	2G0206	ARO ESTANQUE 11563/1 SA	180	500	307861	0,2%	99,7%	C	0	
47	92%	2G0059	CABIDE 2187 SA	564	297	308158	0,1%	99,8%	C	0	
48	94%	2G0186	CROCHET GRUMO 972-783	60	270	308428	0,1%	99,9%	C	0	
49	96%	2G0185	EMBASE GRUMO 972-782	60	200	308628	0,1%	99,9%	C	0	
50	98%	2G0184	RAQUETTE PICTO 972-752 SA	80	198	308826	0,1%	100,0%	C	0	
51	100%	2G0132	MAN.1907/210.2 SA	800	40	308866	0,0%	100,0%	C	0	

Através da Tabela 2, conclui-se que 10 pertencem à categoria A, 7 referências enquadram-se na categoria B, e as restantes 34 referências na categoria C. Outra variável que influenciou a escolha das referências foi o facto de na gama operatória destas constar a operação de esmerilagem no robot, dado o objetivo deste projeto, e assim, certas peças inseridas nas categorias B e C com passagem no robot, ganharam prioridade dentro das respetivas categorias. De salientar que na coluna correspondente à quantidade realizada rejeitada, verifica-se que é quase nulo este valor, uma vez que as peças defeituosas não são cortadas, sendo estes 8 defeitos derivados do corte.

Na Figura 5, verifica-se a curva de Pareto, que permite verificar que 65% da produção está entregue a 20% das referências, e visualizar quais as referências de peças que se enquadram em cada categoria.

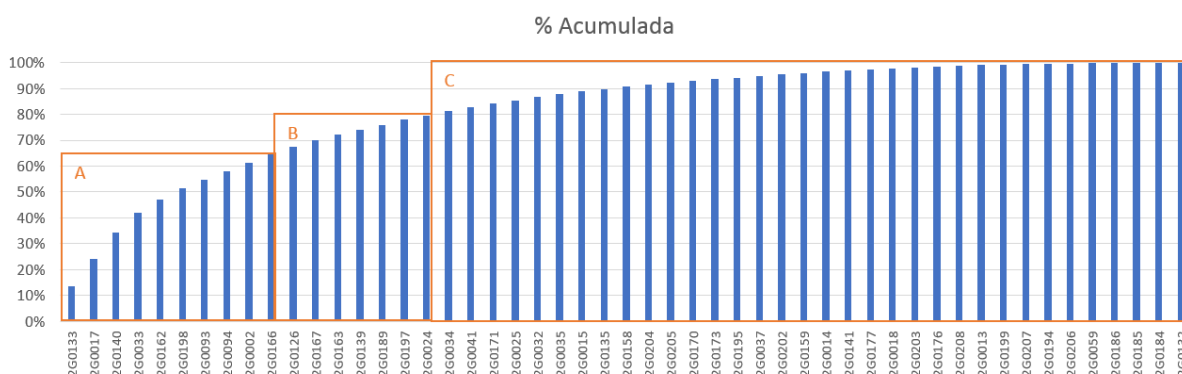


Figura 5 - Curva de Pareto aplicada ao corte de jito da coquilha

### 3.2 Fluxo Produtivo

O fluxo produtivo das peças relativas à fundição em coquilha foi uma das primeiras análises a ser realizada. A fábrica está dividida ao meio no que diz respeito ao sistema de fluxo: A fundição, o corte e a esmerilagem atuam sob o sistema *Push*, enquanto que as operações desde a esmerilagem até ao armazém de produtos acabados funciona com o sistema *Pull*. A notação usada para traçar o fluxo é segundo o método de Ishiwata. A par do diagrama (Figura 7), segue-se também uma descrição do processo, a salientar os aspetos mais notáveis ao longo do fluxo. Também se apresenta um diagrama relativo aos processos de acabamento (Figura 8), desde a operação em que a peça se encontra no seu estado bruto até à expedição para os clientes.

#### 3.2.1 Método de determinação do fluxo

O fluxo foi determinado através de um método bastante pragmático e convencional. A cada lote produzido está associada uma ficha de acompanhamento, que permite identificar o lote, indicando a referência da peça, o dia em que foi moldado, e a respetiva quantidade produzida. No entanto, a única operação que é registada na ficha de acompanhamento é a moldação, pelo que todas as outras operações pelas quais as peças passam, não são registadas. Uma vez que o objetivo era garantir a veracidade das gamas operatórias já existentes, não se podia fazer uso das mesmas fichas. Além disso, dada a elevada quantidade de stocks existentes na fábrica, e uma vasta gama de referências, facilmente lotes de peças semelhantes eram trocados e confundidos. Para facilitar a determinação do fluxo, definiu-se um método que permite identificar em que dia é que uma determinada operação foi realizada, através da sinalização no verso da ficha, de umas marcas cuja nomenclatura é definida pelos seguintes aspetos:

- O estudo do fluxo foi efetuado ao longo de 5 dias, sendo que para cada dia foi atribuída uma cor a ser registada no verso da ficha de acompanhamento da referência de peça, para assim saber em que dia foi realizada determinada operação.

- Além da cor, para identificar o estado da peça num determinado dia, atribuíram-se marcas para cada fase da produção: uma marca para o estado em que a peça ainda tem o jito, duas marcas para o estado em que o jito já foi cortado, três marcas para o ataque do jito já esmerilado, e quatro marcas para sinalizar uma das 4 possíveis operações que se seguem após a 1ª esmerilagem.



Figura 6 – Exemplo da nomenclatura aplicada a um determinado lote

O exemplo da Figura 6, indica que no dia 15/02 a peça ainda continha jito, no dia 16/02 foi cortado o jito, pelo que o estado atual da peça era aguardar para esmerilar o excesso de jito. Este método tem a vantagem de permitir saber exatamente quanto tempo é que demorou a realizar cada operação, e garantir que se estava a acompanhar sempre o mesmo lote. Outra ocorrência verificada que fortalece este método, foi o facto de um determinado lote produzido num certo dia ter sido enviado para um subcontratado no exterior, numa situação em que já havia lotes iguais produzidos anteriormente a aguardar para seguirem para o exterior, e que foram ultrapassados por esse mesmo lote. No entanto, importa referir que uma vez que os lotes eram iguais, em termos práticos não há nenhuma diferença que seja significativa para o processo produtivo, para além de apenas salientar o facto de se garantir que se trata do lote em questão. O fluxo relativo aos acabamentos, foi obtido através da informação fornecida pelos chefes das respetivas secções de acabamento existentes na STA.

### 3.2.2 Análise do fluxo produtivo

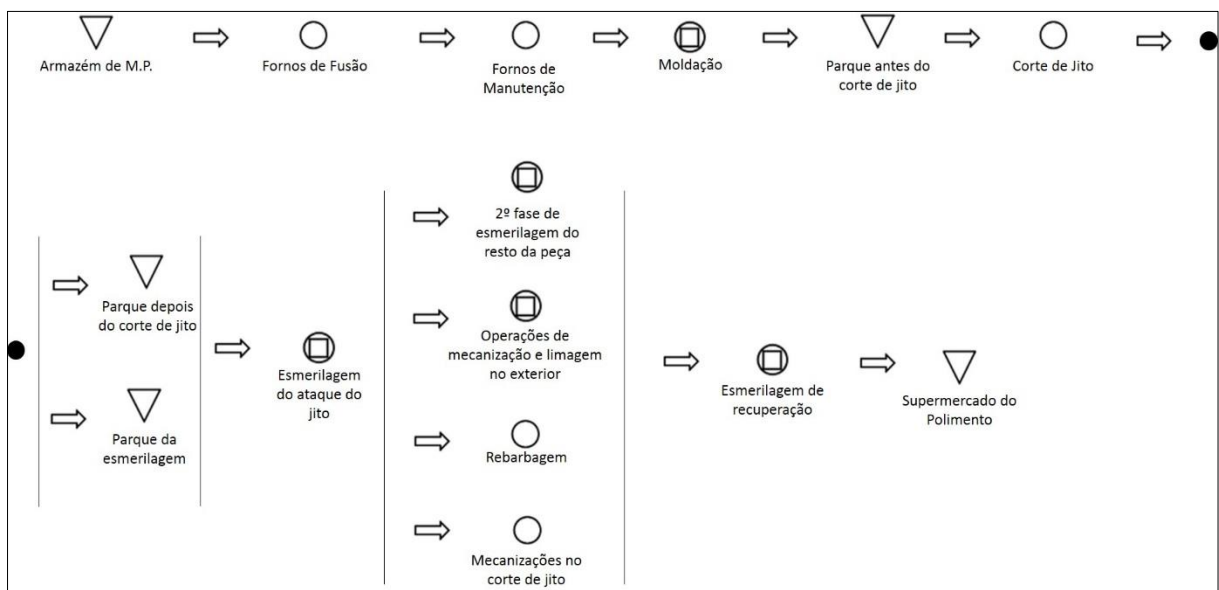


Figura 7 - Fluxo produtivo das referências da coquilha

O Alumínio, vindo diretamente do fornecedor, é guardado no Armazém de Matérias Primas, AMP. Este chega sob a forma de lingotes em duas ligas específicas da STA, a liga AG4Z e a AM3ST. Há dois fornos maioritários onde se dá a fusão dos lingotes, sendo que a liga no seu estado líquido é transportada conforme as necessidades para os fornos de manutenção, situados junto das coquilhadoras. O transporte é feito através de uma colher de transporte, e dá-se a remoção de escória antes de se iniciar o transporte entre os fornos.

A operação que se segue é a moldação, na qual ocorre a fundição por gravidade. De seguida, as peças aguardam até arrefecerem, ou no parque antes do corte de jito caso sejam cortadas no mesmo dia em que foram moldadas, ou no AMP se a operação de corte não ocorrer no mesmo dia.

As máquinas onde se verifica o corte dependem das peças a serem cortadas, mais especificamente do jito das peças, pois é este que define qual a máquina mais apropriada para cortar cada jito. Depois de terminar a operação de corte de um determinado lote (conjunto de peças), o destino do mesmo é, ou ser transportado para o parque do corte de jito, ficando a aguardar em stock, ou ser transportado para o parque da esmerilagem de forma a dar andamento ao processo produtivo.

A etapa que se segue é a esmerilagem, que está subdividida em várias fases.

A 1ª fase corresponde à limagem do excesso de jito derivado do corte, da rebarba existente e da linha de apartação. Seguidamente podem acontecer várias ocorrências, conforme as necessidades da peça, que originam os seguintes 4 cenários possíveis (sendo que a mesma peça pode passar por mais do que uma situação):

- 2ª fase da esmerilagem, sendo que esta pode ser feita ou manualmente ou no robot, dependendo da peça e da disponibilidade do robot;
- Envio para subcontratado - devido à falta de disponibilidade, as peças são enviadas para o exterior para que sejam realizadas as operações de mecanizar e/ou esmerilar totalmente a peça;
- Operação de rebarbar numa outra secção do chão de fábrica, nomeadamente na fundição injetada, através de um ponteiro de remoção de rebarba;
- Mecanização, nomeadamente, operações de furação, roscagem, escareamento e/ou torneamento.

Por fim, as peças seguem para uma última esmerilagem, esta de recuperação, sendo que esta operação é uma consequência da esmerilagem no robot, pois por vezes verificam-se imperfeições derivadas dessa mesma esmerilagem. É uma forma de assegurar que não há defeitos nas peças (tema abordado em 3.6), podendo-se afirmar que após esta operação as peças encontram-se no seu estado bruto, e independentemente do seu destino final, são armazenadas no supermercado, localizado no polimento.

Todas as peças, dentro das encomendas, têm o seu fluxo final definido pelo cliente, pelo que de seguida é apresentado esse respetivo fluxo para qualquer peça. Também se verifica a situação onde a peça em bruto não passa por qualquer destes acabamentos, sofrendo apenas a última esmerilagem já mencionada no parágrafo anterior. O diagrama da Figura 8 foi feito recorrendo ao *software* Bizagi Modeler.

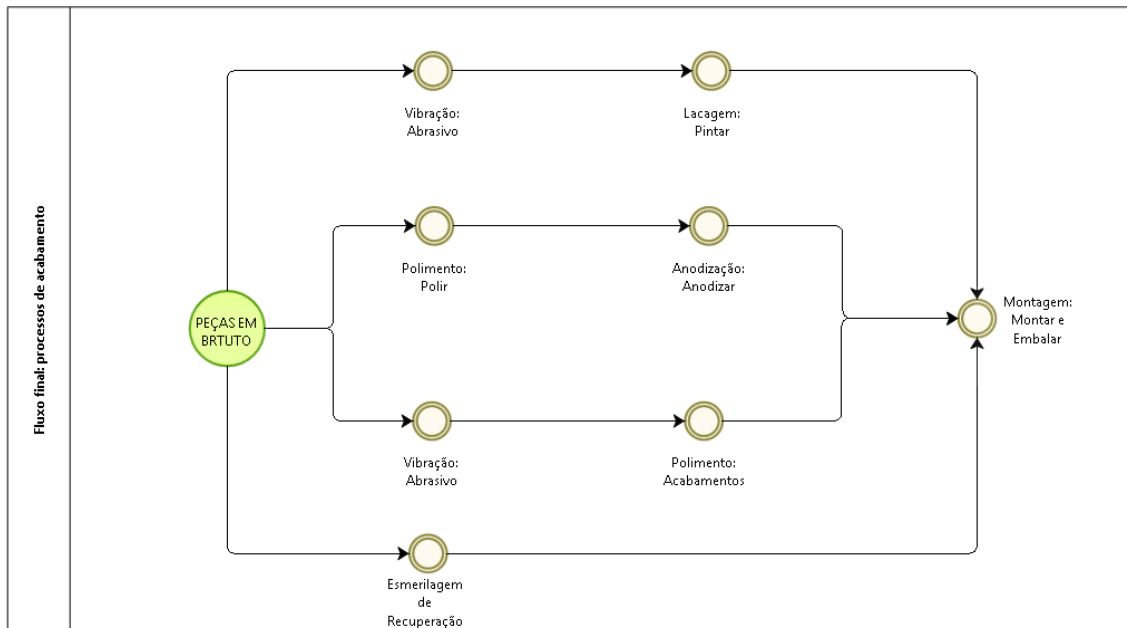


Figura 8 - Representação do fluxo produtivo relativo aos processos de acabamento

Depois dos acabamentos indicados na Figura 8, todas as peças seguem para a montagem, onde são montadas e embaladas, sendo enviadas depois para a última secção da fábrica, a expedição.

### 3.2.3 Considerações e comparação com as gamas operatórias

O primeiro aspeto a referir é que a operação da esmerilagem do excesso de jito não se encontra referida nas gamas operatórias, uma vez que é considerada uma tarefa de retrabalho. Nas peças em que se verificou a operação de rebarbar, esta também não se encontra referida nas gamas operatórias.

Em certas referências constatou-se que, caso se inverta a ordem do fluxo entre a operação de repassar o furo (mecanização) e a operação de corte do jito, é mais fácil para o operador segurar no jito para furar, e só depois cortá-lo. A gama indica-o assim, mas o fluxo verificado não foi este.

O número de esmerilagens é função do acabamento definido pelo cliente. O facto de haver uma distinção entre as esmerilagens deve-se ao uso das lixas, uma vez que para a 1ª esmerilagem se recorre a uma lixa mais agressiva (80 ou 100), diminuindo assim a carga a exercer para limar o jito, e para as restantes esmerilagens são usadas lixas mais macias (180 e 320), com o objetivo de melhorar a qualidade superficial da peça. Para zonas mais críticas em determinadas peças, é usada a lixa bamba, que tem a capacidade de atuar em zonas que uma lixa convencional não tem.

## 3.3 Fundição em Coquilha

“Na fundição em coquilha, em moldações permanentes, o metal líquido é vazado por pressão gravítica num molde metálico, constituído por duas ou mais partes, o qual é usado repetidamente para a produção de peças com a mesma forma. Para definir as cavidades das peças vazadas são usualmente feitos machos simples removíveis em metal, mas alguns mais complexos são feitos em areia ou cerâmica. Quando se usam machos em areia ou cerâmica, o processo é denominado de fundição em moldações semi-permanentes” (Torre, 2004).



Na STA existem três tipos de fundição: Fundição por Gravidade, Fundição Injetada, e Fundição *Zamak*. Este projeto está inserido na Fundição por Gravidade, também denominada de Coquilha, e que como o próprio nome o indica, o vazamento da liga na cavidade do molde metálico (Figura 9) é conseguido precisamente através da ação da força da gravidade. A fundição tem início com a fusão de lingotes a uma temperatura aproximada de 700°C. Após o vazamento, o metal líquido arrefece e solidifica, podendo depois ser retirado da moldação.

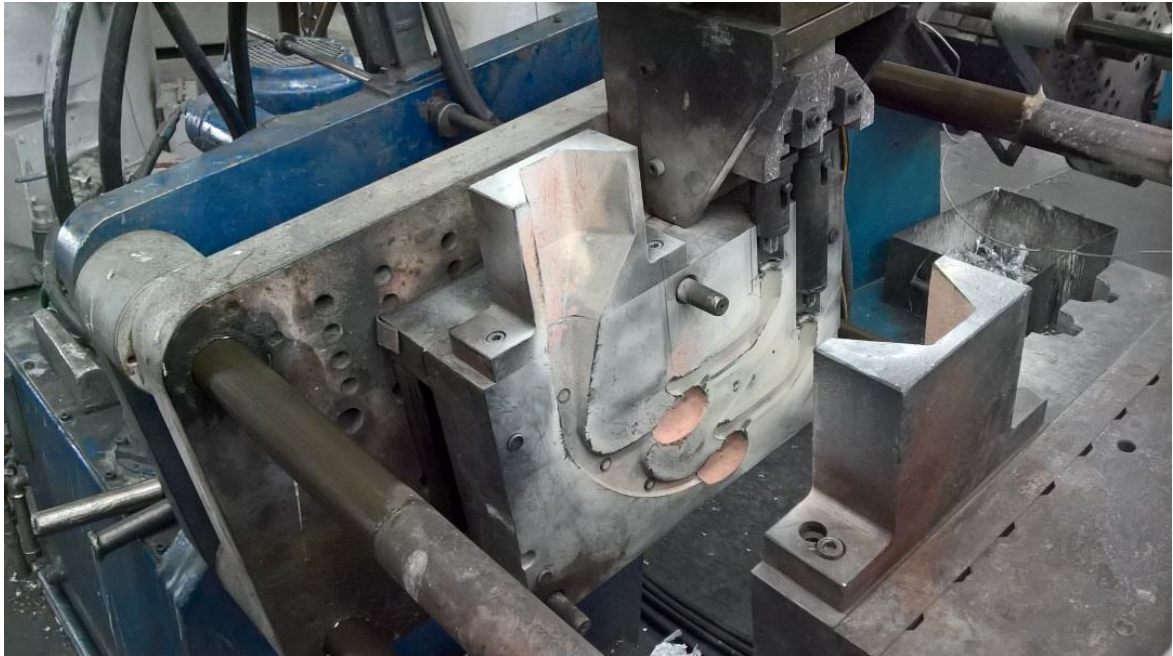


Figura 9 – Cavidade de um molde da STA

Há dois tipos de Moldação em Coquilha, Estática (Figura 10) e Basculante (Figura 11).

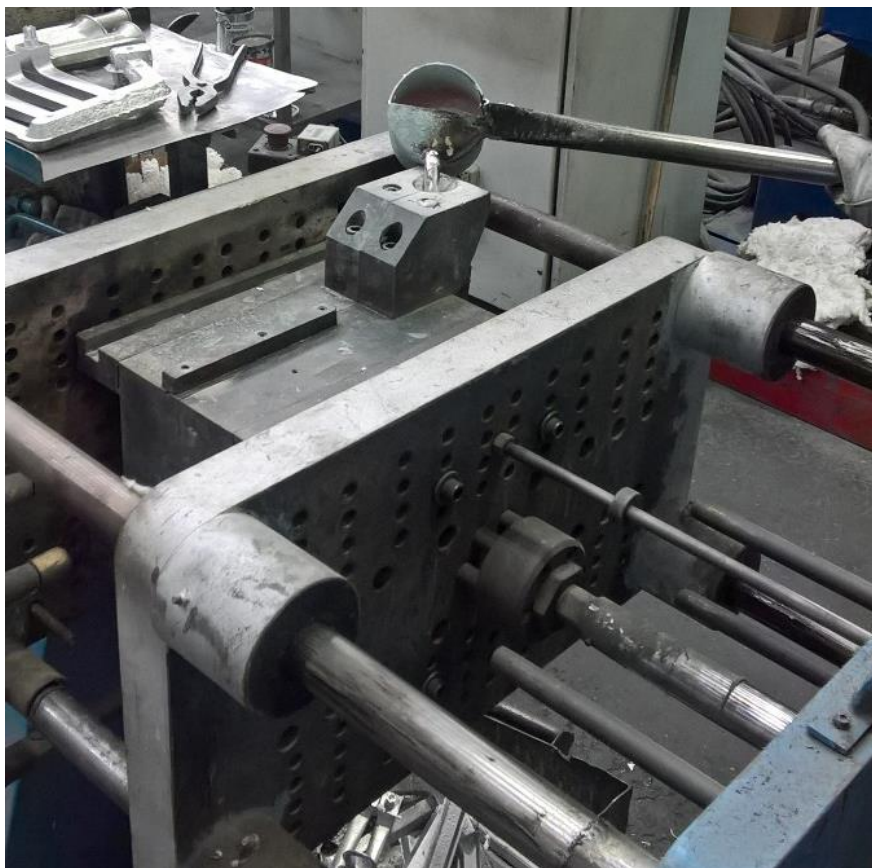


Figura 10 – Moldação Estática



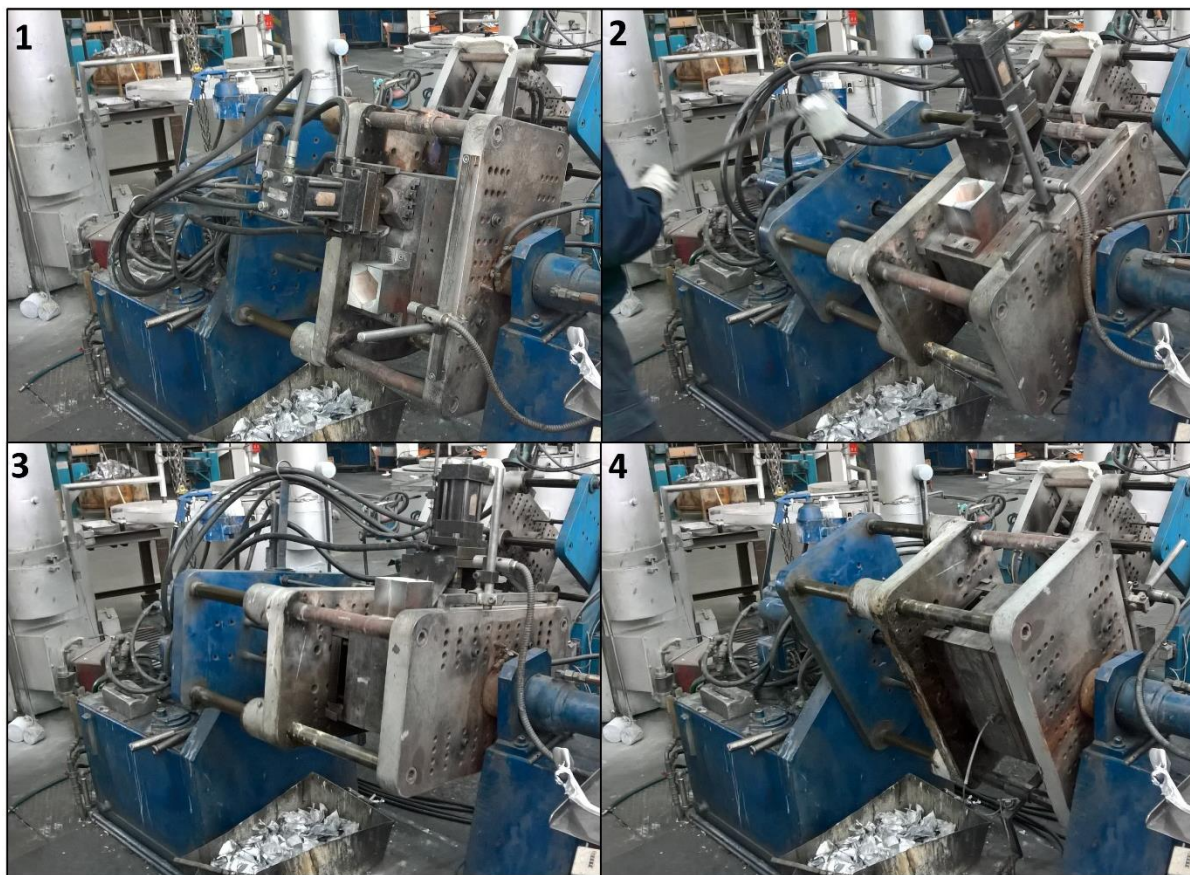


Figura 11 – Moldação Basculante

Na Moldação Estática a coquilha está parada, e o metal é vazado no topo do molde, fluindo através do jito de descida, até preencher totalmente a cavidade da moldação. O tipo Basculante, tem a particularidade de a coquilha estar em rotação, e a liga vazada fluir conforme o molde vai sendo inclinado, com o intuito de minimizar a turbulência gerada na altura de queda livre que se costuma verificar no início do processo do enchimento, e assim eliminar potenciais defeitos nas peças (Campbell, 2011).

### 3.4 Corte do Jito

O setor de corte de jito situa-se imediatamente a seguir à moldação. No entanto não há nem uma linha de produção, nem um fluxo unitário, uma vez que as peças têm que arrefecer antes de poderem ser cortadas, daí que fiquem a aguardar em lote, no AMP, ou junto à máquina onde posteriormente vão ser cortadas, no parque antes do corte de jito.

Atualmente o setor de corte de jito da coquilha é composto por 11 máquinas, das quais 4 efetuam mecanizações, e as outras 7 cortes de jito. As máquinas que trabalham com as peças em estudo são 4, nomeadamente uma serra de fita, um balancé e duas serras de disco, que são apresentadas de seguida, e que daqui para a frente, serão referenciadas através das respetivas designações atribuídas.

A máquina 1 corta o jito através de uma serra de fita, a qual é ativada pelo operador através de um pedal de acionamento, e é apresentada na Figura 12.



Figura 12 - Máquina 1, Serra de Fita

É uma máquina com um funcionamento e uma aplicação que apenas exige ao operador que posicione a peça na posição mais indicada para iniciar o corte, e que exerça pressão na peça contra a serra, segurando a peça e assegurando a qualidade do corte. Tem tarefas periódicas indispensáveis para um funcionamento regular da máquina, entre as quais, olear a fita da serra, e limpar a limalha acumulada.

A máquina 2 representada na Figura 13, é usada para cortar apenas 3 referências de peças dentro da STA. É a única máquina em que durante o corte não há contacto directo entre o jito e o operador.



Figura 13 - Máquina 2, Serra de Disco Automática

O corte é feito através de uma serra de disco que se desloca horizontalmente no tabuleiro dos gabaris e o corte é executado. O corte do jito só fica completo ao fim de dois ciclos, havendo necessidade de rodar a peça entre cada ciclo. Compete ao operador posicionar as peças nos gabaris, e acionar o sistema elétrico para que o tabuleiro inicie o seu movimento. Há necessidade de limpar constantemente a limalha acumulada, e repor o depósito do óleo conforme as necessidades. Outra ocorrência verificada é a necessidade de desobstruir a saída dos jitos cortados.

A máquina 3 (Figura 14) é um balancé (existem 3 balancés na STA). Cada balancé tem características e moldes próprios, que se adequam às peças, sendo o funcionamento igual em todos eles. O corte é obtido pelo contacto entre os dentes do molde, a parte inferior do molde é fixa e suporta o jito, enquanto que a parte superior tem o movimento descendente, provocando o corte do jito. O acionamento do movimento é através de um pedal, e compete ao operador posicionar o jito e retirar as peças cortadas. Operações como passar óleo nos moldes, e limpar a limalha, são fundamentais para um bom funcionamento da máquina.





Figura 14 - Máquina 3, Balancé

A máquina 4 (Figura 15) é uma máquina que corta o jito das peças através de uma serra de disco e que, ao contrário da máquina 2, o movimento do disco é controlado manualmente pelo operador, e é a peça posicionada no gabari que está fixa à mesa de trabalho. O operário tem que realizar um movimento descendente na serra para provocar o corte, e um movimento ascendente para a fazer retomar a serra à sua posição original. A mesa de trabalho, acionada por um comando hidráulico, desloca-se para a posição de corte de forma a ficar enquadrada com a serra. Também compete ao operador colocar o jito nos gabaris e retirar as peças depois de cortadas. A serra é lubrificada através de um sistema de recirculação de uma mistura líquida de óleo e água. Deve-se também limpar a limalha acumulada, de forma a garantir que o corte é executado na perfeição.



Figura 15 - Máquina 4, Serra de Disco Manual

À exceção da máquina 2, todas as outras máquinas efetuam o corte manualmente. No entanto a razão de também ser considerada a máquina 2 deve-se ao facto da referência de peça com maior nível de produção anual exigir 3 operações até que fique completo o corte de jito, o que faz com que a nova máquina seja uma solução para reduzir estas três operações para apenas duas.

### 3.5 Esmerilagem

A esmerilagem é uma operação de acabamento nas superfícies das peças, o que não significa que não possa haver outras operações de acabamento posterior a esta. É um processo de remoção de material, recorrendo a um abrasivo, nomeadamente através do uso de lixas, estas com forma de tiras estreitas e largas, e de sua composição um tecido de poliéster e a natureza dos grãos em óxido de alumínio e/ou cerâmica. As lixas são acopladas num tambor de esmerilagem manual, de borracha ou de pano, composto por várias camadas de tecido, no caso da STA, em ganga. Como é possível verificar na Figura 16, após a acoplação da lixa e do tambor, e graças ao movimento imposto pelo motor da máquina, aquando do contacto das peças com o abrasivo dá-se o fenómeno da esmerilagem.



Figura 16 – Esmerilagem manual

De acordo com o tipo de operação pretendida, usam-se lixas de diferentes gamas, ou seja, diferentes rugosidades, sendo que as lixas de referências mais baixas são usadas para trabalhar mais agressivamente a superfície da peça, enquanto que as lixas de gama superior são usadas para amaciar, limpar ou dar brilho à superfície.

### 3.6 Causas de Rejeição

O objetivo desta análise foi determinar os motivos pelos quais as peças são rejeitadas nos vários postos de trabalho relativos ao processo da fundição por gravidade, e perceber exatamente quais são as tarefas que provocam esses defeitos nas peças, onde é que são detetadas, o porquê de elas irem para a sucata e, principalmente, determinar onde é que a nova máquina poderá apresentar vantagens, de forma a que reduza o número de peças defeituosas. Foram analisadas as várias operações verificadas anteriormente nos fluxogramas apresentados, e em cada uma determinou-se o motivo das peças serem rejeitadas e apurou-se a origem do defeito da peça, que são descritas de seguida para cada posto de trabalho.

A **moldação** é a operação que mais defeitos provoca, no entanto, neste posto apenas se reconhecem defeitos do tipo Rechupe, Fissuras e Mau Enchimento, representados na Figura 17.

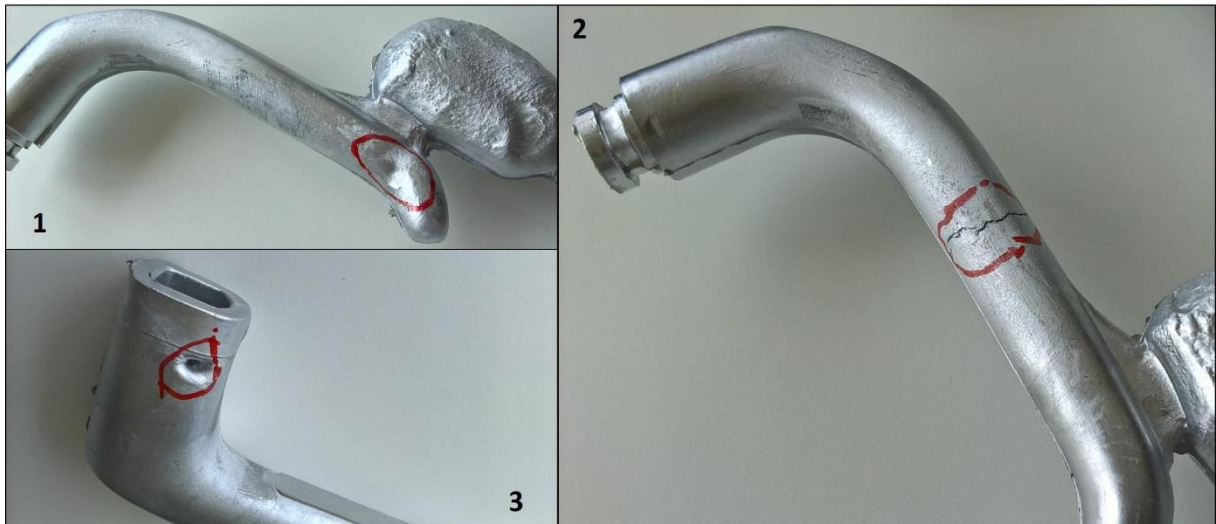


Figura 17 – Defeitos do tipo Rechupe (1), Fissuras (2), e Mau Enchimento (3)

No **corte de jito / mecanizações**, os defeitos podem surgir quando o corte afeta a peça (entra na peça), ou quando o corte é desnivelado e interfere com o nivelamento e espessura do ataque. Nas mecanizações registaram-se defeitos na geometria da peça, como por exemplo, o furo descentrado.

A operação da **esmerilagem** não provoca defeitos nas peças, mas é onde são detetados defeitos que até aqui eram desconhecidos, uma vez que este processo facilita bastante o reconhecimento destes defeitos, nomeadamente Porosidades (Figura 18), que é a maior causa de rejeição neste posto. Na esmerilagem do ataque, se este vier desnivelado, pode interferir nas dimensões da peça, e consequentemente a peça é rejeitada.

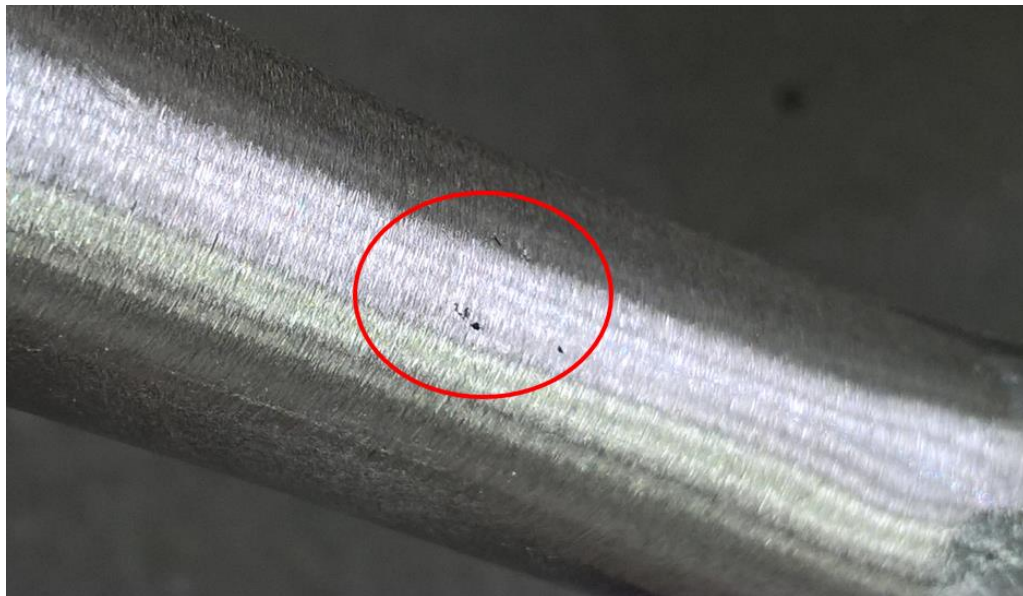


Figura 18 – Defeitos do tipo Porosidades

Nos processos de acabamento, tais como a **retificação**, o **polimento** e a **anodização**, são detetadas as Porosidades que se mantêm ocultas até estes processos, pois a esmerilagem de recuperação e o polimento trabalham a peça e permitem detetar este defeito, sendo as peças sujeitas a um controlo visual, verificadas uma a uma.

De seguida, de acordo com Ferreira (1999), apresenta-se uma descrição dos defeitos verificados, indicando a sua forma e as suas causas.

O **Mau enchimento** é resultado de um fluxo não adequado do metal durante o enchimento. Se o metal está muito frio, o tempo de enchimento é muito prolongado ou o metal ganha uma má



orientação no enchimento da cavidade, dando-se a solidificação prematura do metal antes do molde ser completamente preenchido, provocando falhas na peça.

As **Porosidades** surgem com a forma de cavidades com paredes lisas, geometricamente semelhantes a esferas, sem ligação direta com o exterior. De uma forma geral a parede interna é brilhante, e o facto de ser mais ou menos oxidada depende sobretudo da causa da formação dos poros. Os factos que estão na origem da formação de porosidades são o aprisionamento de ar durante o enchimento, o aprisionamento de gás proveniente do lubrificante que atua como desmoldante, a libertação de gás dissolvido no metal ou a libertação de gás pela presença de óxidos no metal.

Os **Rechupes**, à semelhança das Porosidades, têm o aspeto de uma cavidade, mas apresentam uma forma diferente da porosidade relativamente às suas paredes, que são irregulares e de faces dendríticas. A origem deste tipo de defeito é à escassez de metal liquido aquando do enchimento, verificando-se uma contração do volume de metal durante a solidificação.

As **Bolhas** podem ser definidas como porosidades, com a exceção que estas se manifestam à superfície da peça. O que diferencia as Bolhas das Porosidades é a libertação de hidrogénio que ocorre nas Bolhas e que é insuficiente para causar defeitos do tipo Porosidade.

As **Fissuras** descrevem-se como rasgos intercristalinos com formas irregulares. Ocorrem quando a liga contrai bruscamente no fim da solidificação. Por norma, o risco de fissura é mais acentuado em áreas que coincidem com tensões de contração e pontos quentes.

### 3.7 Avaliação de Risco

A análise de risco elaborada teve como objetivo comparar os riscos existentes entre as máquinas atuais e as máquinas propostas pelos fornecedores. Foi realizada a análise para três máquinas, nomeadamente, a Serra de Fita, o Balancé e a Serra de Disco Manual, apresentada nas Tabelas 3, 4 e 5, respetivamente. Os perigos/riscos iminentes foram identificados por observação e conversação com os trabalhadores.

A legenda das Tabelas 3, 4 e 5, está em conformidade com o enquadramento teórico e com o anexo A, sendo que, ND é o Nível de Deficiência, NE é o Nível de Exposição, NP é o Nível de Probabilidade, NS é o Nível de Severidade, e NR é o Nível de Risco.

### 3.7.1 Serra de fita

Os riscos identificados na serra de fita, e apresentados na Tabela 3, e que representam um risco significativo para o operário, são o risco de corte aquando do corte manual do jito, e o risco de amputação, igualmente no decorrer do processo de corte. Nesta tarefa considera-se que o trabalhador está exposto a um risco elevado de corte, com consequências ao nível dos dedos e das mãos.

Tabela 3 - Análise da Serra de Fita

Tarefa	Perigo / Situação Perigosa	Risco	Consequências	ND	NE	NP	NS	NR	Apreciação de Riscos
Corte de jito	1. Corte manual de jito	Corte	Corte	6	5	30	90	2700	Significativo
		Queda de materiais	Ferimentos diversos	2	5	10	25	250	Baixo
		Contacto com superfícies quentes	Queimaduras	2	5	10	60	600	Tolerável
	2. Acumulação de limalhas e óleo no pavimento	Queda de pessoas ao mesmo nível	Traumatismos diversos	1	5	5	25	125	Baixo
	3. Contacto com a eletricidade	Elétrico	Elettrização / Eletrocussão	1	5	5	60	300	Tolerável
	4. Fuga de ar comprimido	Exposição ao ruído	Surdez profissional	2	5	10	60	600	Tolerável
		Projeção de materiais	Lesões oculares	2	5	10	60	600	Tolerável
		Exposição a agentes químicos	Perturbações respiratórias	2	5	10	25	250	Baixo
	5. Adoção de posturas inadequadas	Desrespeito dos princípios ergonómicos	Lesões músculo-esqueléticas	2	5	10	25	250	Baixo
	6. Trabalho com níveis de iluminação inferiores aos valores recomendados	Desrespeito dos princípios ergonómicos	Acuidade visual	2	5	10	10	100	Baixo
	7. Contacto com órgãos móveis da serra de fita vertical	Corte	Corte	6	5	30	60	1800	Significativo
		Amputação	Traumatismos diversos	6	5	30	90	2700	Significativo
	8. Projeção de limalhas/aparas durante o funcionamento da serra de fita vertical	Projeção de materiais	Lesões oculares	6	5	30	25	750	Tolerável
	9. Acumulação de aparas/limalhas na serra de fita vertical	Corte	Corte	6	5	30	25	750	Tolerável
	10. Emissão de ruído durante o funcionamento da serra de fita vertical	Exposição ao ruído	Surdez profissional	2	5	10	25	250	Baixo
	11. Transmissão de vibrações durante o funcionamento da serra de fita vertical	Exposição a vibrações	Doença dos dedos brancos	6	5	30	25	750	Tolerável

### 3.7.2 Balancé

No Balancé, de acordo com a Tabela 4, os riscos mais consideráveis são o risco de amputação dos dedos da mão, o ruído criado aquando do impacto das duas partes do molde, onde o uso de proteção auditiva é completamente indispensável. Verifica-se também a vibração causada pelo impacto do balancé e que é transmitida para as mãos e os braços do operador, podendo estar na origem da ocorrência da doença dos dedos brancos. Também se considera o risco do desrespeito pelos princípios ergonómicos, sobretudo no momento de pegar nas peças do lote, podendo no futuro sofrer de lesões músculo-esqueléticas como consequência deste risco.

Tabela 4 - Análise do Balancé

Tarefa	Perigo / Situação Perigosa	Risco	Consequências	ND	NE	NP	NS	NR	Apreciação de Riscos
Operar com balancés	1. Contacto com órgãos móveis do balancé	Corte	Corte	2	5	10	60	600	Tolerável
		Amputação	Traumatismos diversos	6	5	30	60	1800	Significativo
	2. Contacto com órgãos rotativos do balancé	Abrasão / Fricção	Queimaduras	1	5	5	25	125	Baixo
		Agarramento	Ferimentos diversos	2	5	10	10	100	Baixo
	3. Projeção de limalhas durante o funcionamento do balancé	Projeção de materiais	Lesões oculares	2	5	10	25	250	Baixo
	4. Acumulação de limalhas no balancé para corte de jitos	Corte	Corte	2	5	10	10	100	Baixo
	5. Emissão de ruído durante o funcionamento do balancé	Exposição ao ruído	Surdez profissional	6	5	30	90	2700	Significativo
	6. Transmissão de vibrações durante o funcionamento do balancé	Exposição a vibrações	Doença dos dedos brancos	10	5	50	25	1250	Significativo
	7. Utilização de pistola de ar comprimido para limpeza	Projeção de materiais	Lesões oculares	2	5	10	25	250	Baixo
	8. Contacto com óleo de corte	Exposição a agentes químicos	Perturbações oculares / dérmicas	2	5	10	10	100	Baixo
	9. Ocorrência de derrame de óleo de corte	Queda de pessoas ao mesmo nível	Ferimentos diversos	2	5	10	10	100	Baixo
	10. Acumulação de limalhas e óleo no pavimento	Queda de pessoas ao mesmo nível	Traumatismos diversos	2	5	10	25	250	Baixo
	11. Contacto com a eletricidade	Elétrico	Eletrização / Eletrocussão	1	1	1	155	155	Baixo
	12. Adoção de posturas inadequadas	Desrespeito dos princípios ergonómicos	Lesões músculo-esqueléticas	6	5	30	60	1800	Significativo
	13. Trabalho com níveis de iluminação inferiores aos valores recomendados	Desrespeito dos princípios ergonómicos	Acuidade visual	1	5	5	25	125	Baixo



### 3.7.3 Serra de Disco Manual

Na Serra de Disco Manual, conforme a Tabela 5, verificou-se que o trabalhador está exposto a um risco significativo de corte dos dedos dos membros superiores. Neste posto verifica-se também uma exposição significativa do contacto com superfícies quentes, o qual pode resultar em queimaduras apreciáveis, o ruído provocado pela serra, que também exige o uso de proteção auricular, o risco de projeção de limalha, que podem resultar em lesões oculares.

Tabela 5 - Análise da Serra de Disco Manual

Tarefa	Perigo / Situação Perigosa	Risco	Consequências	ND	NE	NP	NS	NR	Apreciação de Riscos
Corte de jito	Corte manual de jito	Corte	Corte	6	5	30	90	2700	Significativo
		Queda de materiais	Ferimentos diversos	2	5	10	25	250	Baixo
		Contacto com superfícies quentes	Queimaduras	6	5	30	60	1800	Significativo
	Acumulação de limalhas e óleo no pavimento	Queda de pessoas ao mesmo nível	Traumatismos diversos	1	4	4	60	240	Baixo
	Contacto com a eletricidade	Elétrico	Elettrização / Eletrocussão	1	1	1	155	155	Baixo
	Fuga de ar comprimido	Exposição ao ruído	Surdez profissional	2	5	10	60	600	Tolerável
		Projeção de materiais	Lesões oculares	2	5	10	60	600	Tolerável
		Exposição a agentes químicos	Perturbações respiratórias	2	5	10	25	250	Baixo
	Adoção de posturas inadequadas	Desrespeito dos princípios ergonómicos	Lesões músculo-esqueléticas	6	5	30	25	750	Tolerável
	Trabalho com níveis de iluminância inferiores aos valores recomendados	Desrespeito dos princípios ergonómicos	Acuidade visual	1	4	4	60	240	Baixo
	Contacto com órgãos rotativos da serra de disco	Corte	Corte	6	5	30	90	2700	Significativo
		Amputação	Traumatismos diversos	6	5	30	90	2700	Significativo
	Projeção de limalhas no funcionamento da serra de disco	Projeção de materiais	Lesões oculares	6	5	30	60	1800	Significativo
	Acumulação limalhas na serra de disco	Corte	Corte	6	5	30	25	750	Tolerável
	Emissão de ruído no funcionamento da serra de disco	Exposição ao ruído	Surdez profissional	6	5	30	90	2700	Significativo
	Transmissão de vibrações no funcionamento da serra de disco	Exposição a vibrações	Doença dos dedos brancos	6	5	30	25	750	Tolerável

### 3.7.4 Máquinas Propostas

A máquina proposta pelo fornecedor usual da STA apresenta um risco que é substancialmente reduzido para o operador, uma vez que durante o corte o operador não tem qualquer contacto com as ferramentas de corte, e graças à existência de uma caixa em acrílico, esta protege a projeção de limalha e impede que haja contacto com a peça a ser cortada.

A máquina proposta por um fornecedor alternativo contactado também é praticamente imune de perigo, pois a operação de corte não envolve contacto com o operador e, para o proteger, existem sensores fotoelétricos que detetam a presença humana e automaticamente desativam a máquina.

### 3.8 Problemas Verificados

O corte de jito efetuado nas máquinas de corte manual, inevitavelmente causa variações na espessura do jito, mais especificamente na zona do ataque da peça, como se pode ver na Figura 19.

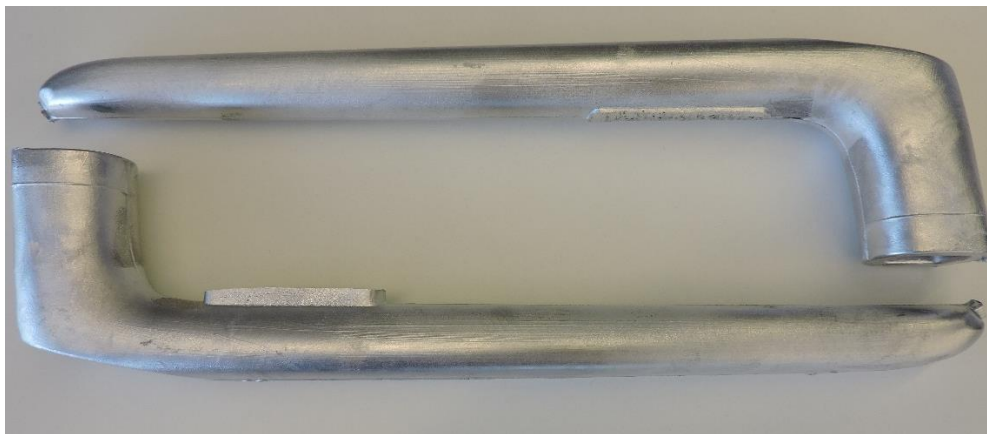


Figura 19 – Diferença de altura do excesso de jito derivado do corte para duas peças iguais

A variabilidade deste corte, implica que o robot de esmerilagem acabe por rejeitar peças, pelo facto de este estar programado para determinadas cotas dimensionais, o que torna este processo inútil e ineficaz. Para combater este problema, atualmente recorre-se a uma tarefa suplementar, que consiste em eliminar o resto de jito que sobra do corte através da operação de esmerilagem manual, para que a peça possa então ser aceite pelo robot de forma a completar a esmerilagem total na peça. Esta tarefa extra é sinónimo de custos em vários sentidos: na disponibilidade das máquinas e das pessoas, no desgaste do material e na fadiga acumulada nos operários, custos estes que são refletidos na produtividade, a qual não está a ser rentabilizada ao máximo.

Outro problema observado, é o risco associado às máquinas de corte, pois uma vez que o corte é executado manualmente, o operador está sujeito a elevados riscos, sendo este um motivo de preocupação para a STA, no sentido de assegurar as melhores condições de segurança no trabalho para os seus colaboradores.

O ideal seria aquando da realização do corte que este tivesse sempre a mesma dimensão. No entanto, com os atuais equipamentos tal não é possível, sendo que a aquisição de uma nova máquina de corte de jitos, a qual oferece garantias de um corte limpo e regular, permitiria eliminar a tarefa extra de remoção do jito. A compra de uma nova máquina levanta sempre questões e a análise da sua viabilidade é indispensável para se obter a certeza que esta realmente é uma mais valia para a empresa. O estudo de tempos da situação produtiva atual nos postos referenciados é essencial para encontrar uma solução viável para o problema apresentado.

### 3.9 Tempos de corte e retrabalho na esmerilagem

A análise dos processos apresentados neste capítulo permitiu reunir as condições para se iniciar a fase de cronometragem dos tempos de corte e de *rework* na esmerilagem. O objetivo do estudo dos tempos, deu-se pela necessidade de determinar qual a potencial redução que se conseguiria obter na nova máquina de corte, através do estudo dos tempos de corte atuais, e comparando com os tempos de corte fornecidos pelo fabricante da máquina.

Em primeiro lugar, definiram-se os pontos que estabelecem os tempos de ciclo em cada operação, nomeadamente o corte do jito e a esmerilagem do excesso do jito que se verifica na peça. De seguida, de acordo com a operação em causa, subdividiu-se as tarefas dentro de cada operação, de forma a cronometrar cada fase separadamente. Constatou-se que a maioria das tarefas apresenta um tempo de ciclo relativamente curto e, conseqüentemente, os tempos relativos às tarefas subdivididas eram mais pequenos ainda, considerando-se insignificante a tarefa de divisão de tempos, exceto para a Serra de Disco Automática, com um tempo de ciclo maior e na qual se considerou a divisão da operação.

Os instrumentos de medição de tempo usados foram uma folha de registos de tempos e das respetivas atividades que pertencem a cada operação (Figura 20), um cronómetro digital, uma prancheta, e numa primeira fase, mais pela necessidade de estudar os pontos de ciclo e as tarefas de cada operação, recorreu-se também a uma câmara de filmar.

Data: 15/03		Folha Cronometragem nº: 2	
DADOS			
Máquina	4	1	Serra de Fita
Operário	Lúcia		
Operação	Corte jito		
PEÇA:	260198		
Código	MHV. 74012.2		
Designação			
Tempo	Tarefa / descrição		
1	tempo ciclo		
2	tempo ciclo		
3	u		
4	u		
5	u		
6	interrupção da		
7	tempo de ciclo		
8			
9	O pescoço / corte jito no fundo		
10	tempo ciclo		
11	tempo ciclo		
12	u		
13	u		
14	tempo ciclo + operação pescoço caixa		
15	tempo ciclo		
16	u		
17	u		

Figura 20 – Folha de observação

Como é possível verifica na Figura 20, estão discriminadas as várias tarefas relativas a cada operação, neste exemplo, a peça 260198 cortada na máquina 1. Na coluna dos tempos, registou-se não o tempo em si propriamente dito, mas o valor numérico relativo à ordem de cronometragem, porque facilita o processo de cronometrar, uma vez que é muito mais simples registar apenas o número a que o tempo corresponde. O sistema do cronómetro digital permitir obter uma lista dos tempos pela ordem cronometrada, e deste modo simplificar e evitar quaisquer confusões durante o processo de cronometragem.

A Figura 21 é um exemplo de uma folha de cálculo denominada de “Registos”, e demonstra a passagem dos dados da folha de registos da Figura 20 para a respetiva folha de cálculo.

2ª CONTAGEM			
TEMPOS	SEGUNDOS	MINUTOS	DESCRIÇÃO
1.	15,49		Em todos os tempos de ciclo, as peças estão colocadas na mesa de corte.
2.	16,2		
3.	13,44		
4.	15,51		
5.	16,04		
6.	12,69		foi interrompida por outro operador
7.	18,04		
8.	17,91		
9.	90,57	01:30,57	mais peças, lote já no fundo
10.	8,03		limpeza limalha
11.	17,33		
12.	16,02		
13.	17,72		
14.	21,34		tempo ciclo + ajeitou peças da caixa final
15.	16,37		

Figura 21 – Folha de cálculo “Registos”

Dado o método de determinação do número de cronometragens a efetuar para cada peça, primeiro era recolhida uma amostra de 15 cronometragens, e segundo a equação de Meyers e Stewart, obtinha-se o número de cronometragens mínimas para validar os tempos de ciclo. Em relação ao número de amostras, este foi calculado em função da disponibilidade e do planeamento da produção, pelo que o número de amostras realizadas varia nas peças estudadas. O tempo de ciclo final corresponde à média entre todas as amostras recolhidas. A Figura 22 exemplifica a folha de cálculo usada para a determinação do número mínimo de cronometragens e do tempo de ciclo médio, denominada por “Cálculos”.

2ª CONTAGEM				2.			
TEMPOS	SEGUNDOS	MINUTOS	DESCRIÇÃO	N=	23,4		
1.	19,38			R=	7,45	# cronometragens	25
2.	14,95			máx	20,7	Média	17,2
3.	16,47			mín	13,3	Desvio Padrao	1,86
4.	20,74			A=	0,05		
5.	19,23			d2=	3,472		
6.	16,05			x=	17,7		
7.	20,47			n=	15		
8.	18,46						
9.	19,68						
10.	16,56						
11.	13,29						
12.	18,16						
13.	18,04						
14.	16,73						
15.	18,02						
16.	15,56						
17.	16,11						
18.	15,56						
19.	16,11						
20.	16,53						
21.	19,37						
22.	16,02						
23.	17,24						
24.	16,32						
25.	15,39						

Figura 22 – Folha de cálculo “Cálculos”

Os tempos assinalados a verde na Figura 22 correspondem à primeira recolha de dados, e o valor do campo N, a azul, corresponde ao número de cronometragens mínimas a executar, como resultado do cálculo da equação de Meyers e Stewart (2002).

De acordo com a bibliografia referida, o Manual Pedagógico PRONACI “Métodos e Tempos” (2003), atribui-se um fator de ritmo, conforme o par operário-operação, e a partir do tempo de ciclo e do fator calculado, obteve-se o tempo normal. No entanto, este tempo normal não se

aplica para o estudo em vigor, uma vez que os tempos que refletem a realidade atual da STA são os tempos de ciclo. O fator de alocação atribuído, referente a necessidades pessoais, fadiga e atrasos inevitáveis, foi igual para todas as máquinas e peças, com um valor de 13%.

Na operação de corte, foram registados outros tempos além do tempo de ciclo do corte, nomeadamente tarefas como limpar a limalha acumulada na zona de corte, repor os depósitos de óleo ou olear diretamente os moldes, desobstruir a saída dos jitos cortados, pegar em mais peças do lote, entre outras, que viriam a ser úteis para a determinação das cadências produtivas. Além disso, estas tarefas extra que não acrescentam valor à operação foram vistas como uma oportunidade de melhoria, na redução dos respetivos tempos.

A versão completa das folhas de cálculo usadas no estudo de tempo para uma referência de peça encontra-se no anexo B.

### 3.10 Cadências Produtivas

O número de peças produzidas por hora é um parâmetro essencial para a análise da viabilidade. Com os tempos de ciclo e tempos de outras tarefas já definidos, passa a ser possível determinar a cadência horária. Teve-se em consideração o número de peças existentes em cada jito, e sabendo o tempo de ciclo de corte para esse número de peças, através da proporcionalidade direta, obtém-se o número de peças cortadas numa hora. Naturalmente que este valor calculado não transmite a realidade, podendo ser apresentado como um valor teórico, ideal e praticamente impossível nas condições atuais. Os outros tempos registados além do tempo de corte, levam a uma aproximação à realidade. Todos estes tempos foram convertidos para percentagens relativas ao tempo que ocupam em cada amostra, e somando essas percentagens obtém-se a percentagem total em relação ao tempo em que não se esteve a executar o corte. O fator de alocação, também já referido (13%), levou a uma determinação ainda mais precisa das peças produzidas por hora. O cálculo é dado pela equação 3.1.

$$\text{peças cortadas/hora} = \left( \frac{\text{peças por jito} \times 3600}{\text{tempo de ciclo}} \right) \times (1 - \% \text{ outras tarefas}) \times (1 - \% \text{ fator alocação}) \quad (3.1)$$

onde o tempo de ciclo é expresso em segundos.

A Tabela 6 representa uma lista com os tempos e as cadências para as peças definidas na análise ABC, neste caso, para peças cortadas na máquina 1. No anexo C encontram-se as listas de tempos e cadências para as peças cortadas nas máquinas 2, 3 e 4.

Tabela 6 – Lista de peças com tempos de ciclo e cadências

Artigo	Designação	ABC	Máquina de corte	Peças por gito	Tempo corte / peça	Tempo esmerilagem / peça	% de outras tarefas no corte	Tempo total / peça	Quantid. realizada total	Cadências corte (peças/hora)	Cadências esmerilagem (peças/hora)
2G0033	MAN.3253/1	A	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	22709	225	307
2G0162	MAN.82000-2AG	A	1	2	8,3	8,8	12,47%	17,1	16668	330	356
2G0198	MAN.74012.2	A	1	1	16,4	13,9	9,6%	30,3	12550	173	225
2G0094	MAN.10943/1 SA	A	1	2	9,1	10,2	14,5%	19,3	10359	294	307
2G0167	BOTÃO A3 9494	B	1	4	12,2	10,2	12,47%	22,4	7444	225	307
2G0163	MAN. 11457/1	B	1	2	9,35	7,4	12,47%	16,75	6720	293	423
2G0189	MAN.82000B/2 SA	B	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	5976	225	307
2G0197	MAN.30000-670.2.SYL	B	1	2	17,7	10,6	13,3%	28,3	5971	153	295
2G0034	MAN. 3253/9	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	4959	225	307
2G0041	MAN.10963/1.19	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	4300	225	307
2G0032	MAN.3251/1	C	1	3	12,2	10,2	12,47%	22,4	3900	225	307
2G0035	BOTÃO 3253/10	C	1	4	12,2	10,2	12,47%	22,4	3620	225	307
2G0135	MAN.823 AG/1.2	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	3070	225	307
2G0158	PUX.82006.2 SA	C	1	4	12,2	10,2	12,47%	22,4	2844	225	307
2G0204	TAMPA REF 51 - 11562/1	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	2216	225	307
2G0205	TAMPA REF 53 - 11562/2	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	2170	225	307
2G0173	MAN.10963/1.14	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	2150	225	307
2G0195	MAN.80200-50.2AG SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1998	225	307
2G0202	MAN.30000-670.2.CYL B SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1825	225	307
2G0159	MAN.82002.2 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1750	225	307
2G0141	MAN.824FL/1.2 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1510	225	307
2G0177	MAN.10963/1.27 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1240	225	307
2G0018	MAN.822/1.2 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1188	225	307
2G0203	ASA 82005.2 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1104	225	307
2G0176	MAN.10963/1.26 SA	C	1	3	12,2	10,2	12,47%	22,4	1100	225	307
2G0199	MAN.74012B.2 SA	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	622	225	307
2G0207	FUNDO 11563/2 SA	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	521	225	307
2G0194	EMBASE GRUMO 973-657	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	510	225	307
2G0206	ARO ESTANQUE 11563/1 SA	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	500	225	307
2G0186	CROCHET GRUMO 972-783	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	270	225	307
2G0185	EMBASE GRUMO 972-782	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	200	225	307
2G0184	RAQUETTE PICTO 972-752 SA	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	198	225	307
Total											
				MÉDIA	12,2	10,2	12,47%				

A Tabela 6 apresenta os tempos e as cadências para as peças cortadas na máquina 1. Como já havia sido referido anteriormente, a duração deste projeto não possibilitou o estudo de tempos para todas as referências, pelo que os tempos em falta foram obtidos através da média dos tempos de ciclo medidos, discriminando as respetivas máquinas, para que a aproximação à realidade seja maior. A percentagem de outras tarefas foi igualmente atribuída.

### 3.11 Indicadores de Desempenho

O cálculo da eficácia das quatro principais máquinas de corte de jito da coquilha existentes na STA foi feito seguindo os princípios do OEE. Considerou-se os índices de disponibilidade, qualidade e produtividade de cada máquina, que são apresentados discriminadamente de seguida, tendo em conta a Figura 23.

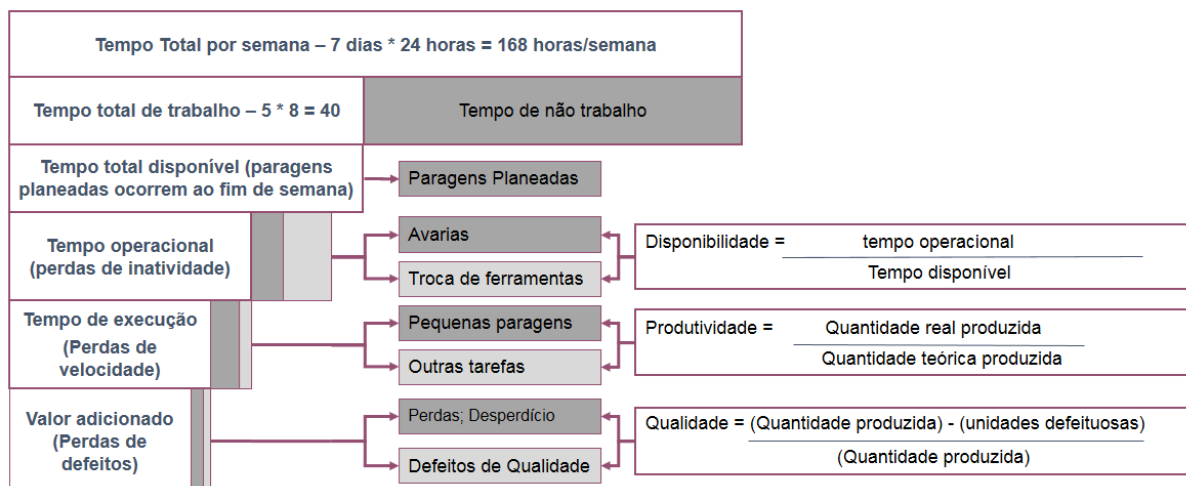


Figura 23 - Esquema representativo da determinação dos índices de desempenho



É possível verificar na Figura 23 o método de cálculo para cada índice, e o método seguido para calcular esses valores.

A taxa de disponibilidade foi determinada através do levantamento de duas amostras, cada uma com a duração de uma semana, nas quais foram registados todos os tempos em que as máquinas estiveram paradas, nomeadamente devido a avarias, mudanças de ferramenta de corte e limpeza. As manutenções planeadas ocorrem ao fim de semana, pelo que não têm influência na disponibilidade das máquinas, no entanto a operação de limpeza das máquinas dá-se sempre diariamente no fim da sua utilização.

Tabela 7 - % disponibilidade

<b>Máquina</b>	Serra de Fita	Serra de Disco Auto	Balancé	Serra de Disco Manual
% disponibilidade	93,4	87,9	95,5	94,6

O índice de produtividade foi calculado usando as cadências produtivas previamente determinadas, sendo igual à razão entre a produção real e a produção teórica. Teve-se em conta todas as referencias de artigos cortados em cada uma das máquinas, com base na Tabela 2, relativa à análise ABC. Para as peças em que não foi possível determinar as cadências, aplicou-se uma média dos valores calculados, e atribuiu-se-lhes esse valor obtido.

Tabela 8 - % produtividade

<b>Máquina</b>	Serra de Fita	Serra de Disco Auto	Balancé	Serra de Disco Manual
% produtividade	78,4	81,2	72	73,5

O índice de qualidade assumiu-se como 100%, uma vez que, de acordo com os valores do ano de 2016, em 334483 peças cortadas, apenas se registaram 8 unidades defeituosas devido a defeitos provocados no corte. Por vezes, verificaram-se perdas de qualidade em peças para acertar e alinhar as ferramentas de corte, mas perdas praticamente insignificantes, tendo sido também desprezadas.

O OEE de cada uma das máquinas foi obtido pelo produto destes três índices, sendo os resultados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – OEE

<b>Máquina</b>	Serra de Fita	Serra de Disco Auto	Balancé	Serra de Disco Manual
% OEE	73,3	71,4	68,7	69,5

### 3.12 Visita aos fornecedores

O mercado de fornecimento de equipamentos industriais oferece várias alternativas, e houve uma tentativa de explorar todas as opções que se adequassem ao corte de jito da STA e tentar encontrar a alternativa mais viável. O estudo das propostas dos fornecedores contactados, incluiu uma visita às instalações dos respetivos fabricantes. Foram obtidas 3 propostas, mas apenas se visitaram dois fabricantes, uma vez que o terceiro se situa em Itália. Ambos os fabricantes nacionais apresentaram um orçamento, com as características da máquina, no entanto houve lugar para algumas questões. A visita teve como objetivos conhecer as condições de corte da máquina, confirmar os tempos de ciclos indicados pelo fornecedor, e esclarecer quaisquer considerações a ter sobre a máquina.

### 3.12.1 Fornecedor usual da STA

A máquina de corte proposta pelo fornecedor usual da STA foi a primeira a ser abordada. É uma máquina de corte automática, com controlo de programação de corte CNC. O corte é feito por uma fresa cónica, controlada em 3 eixos (transversal, longitudinal e vertical), com capacidade para cortar e fresar simultaneamente. As dimensões da mesa de trabalho são 585x790mm. Tem um prato fixo com gabaris de fixação pneumática, sendo que a fresa é que vai ao jito da peça. O prato fica dividido pela janela de proteção, podendo o operador posicionar a peça num gabari enquanto a outra está a ser cortada, eliminando assim perdas de produtividade ao posicionar as peças. Os jitos caem na aparadeira, e são direcionados por um sistema de extração de limalha, incluindo uma corrente com os arrastadores. O preço da máquina é de 35.500,00€.



Figura 24 - Protótipo da máquina do fornecedor usual da STA

Na visita constatou-se que há necessidade de limpar bem a limalha residual nos gabaris, para garantir que o jito fica bem posicionado e que cumpra com precisão as cotas definidas. Também se verificou que em determinadas referências não se consegue eliminar a 100% a esmerilagem manual do jito, no entanto, desde que o corte seja sempre igual, o robot é adaptado para tal. Os tempos registados na visita correspondiam aos tempos presentes na proposta do fornecedor.

### 3.12.2 Fornecedor alternativo

A visita ao segundo fornecedor, ocorreu nas instalações do próprio em Vila Nova de Gaia, e houve a possibilidade de ver a máquina em funcionamento. Anteriormente à visita, já haviam sido entregues amostras ao fornecedor. A máquina opera com um sistema de corte por jato de água abrasivo, e atua sobre 3 eixos (longitudinal, transversal e vertical). O corte obtido é mais preciso, versátil e rápido, relativamente às máquinas atuais, e à máquina do fornecedor usual da STA. O corte automático é programado através de um software controlador da máquina, que dispõe de um sistema inteligente que interage instantaneamente com o sistema de controle do motor, permitindo à máquina saber onde está o bico de corte a qualquer instante, além de fornecer também relatórios detalhados dos tempos de corte e lembretes de manutenção. O material da ponteira é em aço carbono endurecido.





Figura 25 – Máquina mais bomba de acionamento e carrinho de programação e ferramentas

A Figura 25 mostra a máquina, que é composta por uma mesa de trabalho, um servo motor, uma bomba de acionamento que define o caudal e a pressão da água, o depósito do abrasivo, um *chiller* para o arrefecimento da água, um carrinho composto pelo computador, as ferramentas e os substituíveis e um sistema de canalização da água que vem diretamente da companhia, passando apenas por um filtro. As dimensões totais da zona de trabalho são de 6000x4000mm.

A interação do operário com a máquina passa por o próprio ter que inserir as peças nos gabaritos de posicionamento. A mesa de trabalho está dividida ao meio, resultando que enquanto a máquina corta do lado com as peças já posicionadas, o operário está do outro lado da mesa a inserir outras peças, para posteriormente serem cortadas, o que implica ter no mínimo dois gabaritos para cada referência de peças. Este método permite que a máquina nunca pare de cortar, e simultaneamente aumentar a produtividade.

O corte verificado é de grande qualidade, conforme pode ser visto na Figura 26, e com grande precisão, eliminando com certeza a tarefa de esmerilar manualmente o excesso de jito. Os tempos de corte são bastante mais rápidos que os atuais. A mesa de trabalho permite inserir vários jitos simultaneamente.



Figura 26 – Peça cortada

Verificaram-se dois problemas, nomeadamente a oxidação do alumínio e a segurança da máquina. A oxidação do alumínio ocorre devido ao contacto com o jato de água, pelo que este fenómeno exige a presença de uma máquina de secar as peças. Relativamente à segurança da máquina, acordou-se que iria ser implementado uma célula de proteção com um sensor de presença, evitando assim quaisquer potenciais contactos do operário com a ferramenta de corte, além da integração de um botão de emergência na máquina.

O fornecedor apresentou várias propostas com diferentes dimensões da mesa de trabalho, nomeadamente 1500x3000mm e 2000x4000mm, com diferentes potências da bomba de água, 30 e 40cv, o sistema de segurança, e naturalmente o preço.

O custo de produção por hora da máquina é de 17€, e este inclui a manutenção, o abrasivo, a água, a energia elétrica, e o consumo de ferramentas, de materiais extras e do bico de corte. O tempo de vida útil do bico de corte é de 170 horas. Cada ponteira custa 1000€ e tem um tempo útil de funcionamento de 1000 horas, se for precedido de uma correta manutenção, caso contrário pode apenas durar 500 horas.

O orçamento apresentado pelo fornecedor tem um preço total de 125.500,00€. O custo de uma máquina de secar, como solução para o problema apresentado da oxidação das peças, é de 16.000,00€, que corresponde ao valor de uma máquina de secar já existente noutra secção da STA, e que foi o considerado neste projeto, resultando assim num investimento total de 141.500,00€.

## 4 Soluções Propostas

Este capítulo apresenta a quantificação dos custos atuais das máquinas da STA abordadas neste projeto, a análise de viabilidade das máquinas apresentadas no capítulo 3.12, e as tarefas alvo de melhorias de acordo com as perdas verificadas.

### 4.1 Quantificação de Custos

A determinação das cadências horárias produtivas permitiu quantificar os custos atuais do corte de jito. Com o objetivo de calcular os custos anuais atuais para cada referência de peças, primeiramente houve necessidade de saber qual o custo por hora da operação do corte de jito. A STA indicou um valor de 17,96€/hora, que inclui custos de mão de obra, logísticos, de impostos, energéticos e de desgaste e manutenção das máquinas. O total destes custos é designado por custo produtivo. A determinação dos custos dividiu-se em duas partes, o custo da operação de corte e o custo associado à esmerilagem.

As equações 4.1 e 4.2 refletem o cálculo dos custos por peça e dos custos anuais para a operação de corte, respetivamente.

$$(custo/peça) = \frac{custo\ produtivo}{(peças/hora)_{real}} \quad (4.1)$$

$$custo\ anual = (custo/peça) \times volume\ anual\ de\ peças \quad (4.2)$$

Relativamente à operação de retrabalho na esmerilagem, obtém-se o tempo total anual de retrabalho e o custo anual associado, de acordo com as equações 4.3 e 4.4.

$$tempo\ anual\ de\ rework\ (horas) = \frac{tempo\ ciclo\ médio\ esmerilagem\ (s) \times volume\ anual\ de\ peças}{3600} \quad (4.3)$$

$$custo\ anual = tempo\ anual\ de\ rework \times custo\ produtivo \quad (4.4)$$

O custo anual total é dado pela soma dos custos anuais do corte e da esmerilagem. Na Tabela 10 é apresentada uma lista com a representação dos custos para as referências de peças cortadas na máquina 1. A lista de custos para as peças cortadas nas outras máquinas estudadas é apresentada no anexo D.

Tabela 10 – Custos anuais de corte e de esmerilagem

Artigo	Designação	ABC	Máquina de corte	Peças por grito	Tempo corte / peça	Tempo esmerilagem / peça	% de outras tarefas no corte	Tempo total / peça	Quantid. realizada total	Cadências corte (peças/hora)	Cadências esmerilagem (peças/hora)	Custos Anuais Atuais (corte)	Custos Anuais Atuais (esmerilagem rework)	Custos Anuais Atuais
2G0033	MAN.3253/1	A	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	22709	225	307	1.814,97 €	1.328,26 €	3.143,23 €
2G0162	MAN.82000-2AG	A	1	2	8,3	8,8	12,47%	17,1	16668	330	356	906,30 €	841,11 €	1.747,41 €
2G0198	MAN.74012.2	A	1	1	16,4	13,9	9,6%	30,3	12550	173	225	1.305,58 €	1.000,33 €	2.305,91 €
2G0094	MAN.10943/1 SA	A	1	2	9,1	10,2	14,5%	19,3	10359	294	307	632,23 €	605,90 €	1.238,14 €
2G0167	BOTÃO A3 9494	B	1	4	12,2	10,2	12,47%	22,4	7444	225	307	594,95 €	435,40 €	1.030,35 €
2G0163	MAN. 11457/1	B	1	2	9,35	7,4	12,47%	16,75	6720	293	423	411,62 €	285,16 €	696,77 €
2G0189	MAN.82000B/2 SA	B	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	5976	225	307	477,62 €	349,54 €	827,16 €
2G0197	MAN.30000-670.2.SYL	B	1	2	17,7	10,6	13,3%	28,3	5971	153	295	699,01 €	362,94 €	1.061,96 €
2G0034	MAN. 3253/9	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	4959	225	307	396,34 €	290,05 €	686,39 €
2G0041	MAN.10963/1.19	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	4300	225	307	343,67 €	251,51 €	595,18 €
2G0032	MAN.3251/1	C	1	3	12,2	10,2	12,47%	22,4	3900	225	307	311,70 €	228,11 €	539,81 €
2G0035	BOTÃO 3253/10	C	1	4	12,2	10,2	12,47%	22,4	3620	225	307	289,32 €	211,74 €	501,06 €
2G0135	MAN.823 AG/1.2	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	3070	225	307	245,36 €	179,57 €	424,93 €
2G0158	PUX.82006.2 SA	C	1	4	12,2	10,2	12,47%	22,4	2844	225	307	227,30 €	166,35 €	393,65 €
2G0204	TAMPA REF 51 - 11562/1	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	2216	225	307	177,11 €	129,61 €	306,72 €
2G0205	TAMPA REF 53 - 11562/2	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	2170	225	307	173,43 €	126,92 €	300,36 €
2G0173	MAN.10963/1.14	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	2150	225	307	171,83 €	125,75 €	297,59 €
2G0195	MAN.80200-50.2AG SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1998	225	307	159,69 €	116,86 €	276,55 €
2G0202	MAN.30000-670.2 CYL B SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1825	225	307	145,86 €	106,75 €	252,60 €
2G0159	MAN.82002.2 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1750	225	307	139,86 €	102,36 €	242,22 €
2G0141	MAN.824FL/1.2 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1510	225	307	120,68 €	88,32 €	209,00 €
2G0177	MAN.10963/1.27 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1240	225	307	99,10 €	72,53 €	171,63 €
2G0018	MAN.822/1.2 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1188	225	307	94,95 €	69,49 €	164,43 €
2G0203	ASA 82005.2 SA	C	1	2	12,2	10,2	12,47%	22,4	1104	225	307	88,23 €	64,57 €	152,81 €
2G0176	MAN.10963/1.26 SA	C	1	3	12,2	10,2	12,47%	22,4	1100	225	307	87,92 €	64,34 €	152,25 €
2G0199	MAN.74012B.2 SA	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	622	225	307	49,71 €	36,38 €	86,09 €
2G0207	FUNDO 11563/2 SA	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	521	225	307	41,64 €	30,47 €	72,11 €
2G0194	EMBASE GRUMO 973-657	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	510	225	307	40,76 €	29,83 €	70,59 €
2G0206	ARO ESTANQUE 11563/1 SA	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	500	225	307	39,96 €	29,25 €	69,21 €
2G0186	CROCHET GRUMO 972-783	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	270	225	307	21,58 €	15,79 €	37,37 €
2G0185	EMBASE GRUMO 972-782	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	200	225	307	15,98 €	11,70 €	27,68 €
2G0184	RAQUETTE PICTO 972-752 S	C	1	1	12,2	10,2	12,47%	22,4	198	225	307	15,82 €	11,58 €	27,41 €
Total														18.108,57 €
				MÉDIA	12,2	10,2	12,47%							

Os custos anuais para cada referência refletem-se na análise ABC, devido ao volume anual de peças que são cortadas. Os custos só não seguem uma ordem decrescente ao longo da lista porque o valor das cadências também tem influência nos custos. Na Tabela 10, é possível constatar que os custos anuais mais elevados correspondem às referências de peças que se situam no nível A.

## 4.2 Análise da viabilidade das máquinas propostas

Nos orçamentos elaborados pelos fornecedores anteriormente mencionados no capítulo 3.12, estão discriminados os tempos de ciclo de corte das peças que foram enviadas para os respetivos fornecedores, e o orçamento das respetivas máquinas. Outros tempos, custos, características das máquinas, ou aspetos de maior importância e que merecem ser destacados, também estão incluídos nos orçamentos, se bem que, aquando das visitas aos fornecedores, obteve-se previamente conhecimento de todos estes parâmetros referidos.

Os valores dos tempos de corte e do preço da máquina fixado pelos respetivos fornecedores permitem analisar a viabilidade das propostas. Os custos de produtividade para cada máquina são obtidos através de um procedimento semelhante ao usado para a determinação dos custos nas máquinas atuais.

### 4.2.1 Fornecedor Usual da STA

O fornecedor indicou na proposta os tempos de ciclo de corte para 3 referências, e para uma delas, o tempo de fresagem da respetiva face. Este tempo de fresagem surge pelo facto de esta determinada referência, que é aquela com maior volume anual, não requerer a operação de esmerilagem, mas sim uma operação de fresagem da face. Como o corte nesta máquina proposta é dado por uma fresa, consegue-se reduzir as atuais operações de corte e fresagem para apenas uma única operação.

A partir dos tempos indicados na proposta determinaram-se as cadências horárias de corte. Para as outras peças em que não havia dados específicos da parte do fabricante, teve que ser feita uma estimativa das cadências. Para tal, usou-se como referência um dos tempos das peças cortadas pelo fornecedor. As equações 4.5 e 4.6 exemplificam o cálculo da estimativa das cadências horárias em peças por hora, para um cenário otimista e pessimista, respetivamente.

$$\left( \frac{3600}{\left( \frac{\text{tempo total} \times 15}{17,1} \right)} \right) \times (1 - \text{fator de alocação}) = \text{cadência horária} \quad (4.5)$$

$$\left( \frac{3600}{\left( \frac{\text{tempo total} \times 20}{17,1} \right)} \right) \times (1 - \text{fator de alocação}) = \text{cadência horária} \quad (4.6)$$

Onde:

Tempo total, é o tempo total por peça para a referência de peça a determinar a cadência, em segundos

17,1, é o tempo total por peça, nas máquinas atuais, da referência de peça usada como referência de cálculo, em segundos

15, corresponde ao tempo de ciclo de corte da referência de cálculo na máquina proposta (otimista), em segundos, e

20, é o tempo de ciclo de corte da referência de cálculo na máquina proposta (pessimista), em segundos

De notar que na máquina 4, Serra de Disco Manual, o tempo de esmerilagem do excesso de jito é zero, e assim sendo, o valor de 17,1 presente nas equações 4.5 e 4.6, é substituído pelo tempo de corte da referência de peça usada para determinar as cadências, de valor 8,3, também em segundos.

Os custos anuais foram obtidos através da equação 4.7.

$$\text{custos anuais} = \left( \frac{\text{custos produtivos}}{\text{cadências}} \right) \times \text{volume anual de peças} \quad (4.7)$$

Na visita ao fornecedor constatou-se que a máquina para determinadas referências de peças não tem capacidade para remover totalmente o excesso de jito, o que significa que para essas mesmas peças, a redução do tempo de esmerilagem não é de 100%. Como seria o robot a esmerilar o jito em excesso, houve necessidade de considerar para essas mesmas peças, os custos anuais relativos à esmerilagem desse excesso no robot. O custo de produção do robot é de 3,5€/hora. Devido à impossibilidade de determinar a quantidade de jito que é derivada do processo de corte, consideraram-se duas hipóteses, uma em que o jito é reduzido em 90% no processo do corte, e outra em que é reduzido em 75%. Estes custos anuais de esmerilagem são obtidos na equação 4.8.

$$\left( \frac{\text{tempo esmerilagem por peça}}{3600} \times (1 - \text{fator de redução}) \times \text{volume anual} \right) \times 3,5 = \text{custo anual no robot} \quad (4.8)$$

Com o conhecimento dos custos anuais atuais, e dos custos da máquina proposta pelo fornecedor, calculou-se a poupança anual e determinaram-se as variáveis de decisão, considerando os cenários pessimistas e otimistas. O período de recuperação foi determinado segundo a bibliografia indicada no capítulo 2.7 (Lopes, 2014).

Foram analisadas várias hipóteses de viabilidade, na Tabela 11 apenas é apresentada aquela com a melhor relação poupança anual e período de recuperação, mas no anexo E estão presentes outras hipóteses, em que por exemplo, a poupança a longo prazo é maior.

Tabela 11 – Poupança anual para a melhor alternativa

Referência	Redução na Esmerilagem			Cenário
	90%	75%		
BASE 4000-214.1	10.121,79 €		otimista	
	8.226,29 €		pessimista	
MAN.3253/1	1.167,39 €	1.133,61 €	otimista	
	516,28 €	482,50 €	pessimista	
Poupança Total	11.289,17 €	11.255,39 €	otimista	
	8.742,57 €	8.708,79 €	pessimista	

Como é possível verificar na Tabela 11, a poupança anual, otimista e pessimista, para a hipótese de se considerar o corte das referências indicadas, é 11.255,39€ e 8.708,79€, respetivamente. Consideraram-se os valores correspondentes a uma redução na esmerilagem de 75%, para garantir a pior das hipóteses.

A Tabela 12 representa o fluxo monetário correspondente, para um período de 6 anos, sendo apresentados, para cada ano, os *cash flows* gerados pelo projeto e os *cash flows* nele investidos.

Tabela 12 – Cash flows para os cenários pessimista e otimista

PESSIMISTA			OTIMISTA		
Ano	Cash Flow	CF acumulado	Ano	Cash Flow	CF acumulado
0	-37.000,00 €	-37.000,00 €	0	-37.000,00 €	-37.000,00 €
1	8.708,79 €	-28.291,21 €	1	11.255,39 €	-25.744,61 €
2	8.708,79 €	-19.582,43 €	2	11.255,39 €	-14.489,21 €
3	8.708,79 €	-10.873,64 €	3	11.255,39 €	-3.233,82 €
4	8.708,79 €	-2.164,85 €	4	11.255,39 €	8.021,57 €
5	8.708,79 €	6.543,93 €	5	11.255,39 €	19.276,97 €
6	8.708,79 €	15.252,72 €	6	11.255,39 €	30.532,36 €

O valor do *cash flow* gerado e acumulado relativo ao ano zero, verificado nas duas situações apresentadas na Tabela 12, corresponde ao valor do investimento realizado (37.000,00€). As equações de cálculo do período de recuperação e do valor atual líquido referidas no subcapítulo 2.7, ao serem aplicadas na Tabela 12, são obtidos os valores correspondentes, apresentados nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Variáveis de decisão para o cenário pessimista

Cenário Pessimista	
Investimento	37.000,00 €
Poupança Anual	8.708,79 €
Período de Recuperação	4,25 anos
Valor Atual Líquido	929,03 €

Tabela 14 – Variáveis de decisão para o cenário otimista

<b>Cenário Otimista</b>	
Investimento	37.000,00 €
Poupança Anual	11.255,39 €
Período de Recuperação	3,29 anos
Valor Atual Líquido	12.020,17 €

O valor do investimento corresponde a 37.000€, porque apesar da máquina apenas custar 35.500€, o gabari de posicionamento para o MAN. 3253/1 não está incluído no orçamento, tendo um custo total de 1.500€. Para a máquina proposta pelo fornecedor usual da STA, na pior das hipóteses, o investimento na máquina é amortizado ao fim de 4 anos e 3 meses, e o VAL corresponde a 929,03€. No cenário mais otimista, sendo aquele com maior probabilidade de se verificar, pois os tempos de ciclo registados na visita ao fornecedor foram superiores aos indicados na perspetiva otimista do fornecedor, o investimento é recuperado ao fim de 3 anos e 4 meses e o VAL é de 12.020,17€. O VAL calculado é para um período de 6 anos e com uma taxa de atualização constante de 10%.

Os indicadores para um cenário base podem ser obtidos através da média das respetivas variáveis, sendo que a média do período de recuperação dos dois cenários, corresponde a 3 anos e 9 meses, e a média do VAL tem o valor de 6.474,60€.

#### 4.2.2 Fornecedor alternativo

O Fornecedor alternativo apresentou duas hipóteses, relativamente às dimensões da mesa de corte. Como o número de peças dispostas na mesa depende diretamente da área da máquina, primeiro foi calculado, para ambas as alternativas, o número máximo para algumas referências de peças, o qual é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Número máximo de peças para as duas alternativas propostas pelo fornecedor

# peças	Mesa	
Referência	4000 * 2000mm	3000 * 1500mm
BASE 4000-214.1	80	48
MAN.82000-2AG	100	64
MAN.74012.2	60	32
MAN.3253/1	100	64
ESP. 3252/2	140	45

Os valores apresentados na Tabela 15 correspondem ao número máximo de peças (e não jitos) que a máquina consegue suportar, para as respetivas referências. Uma vez que, durante o funcionamento da máquina, uma das metades da mesa não está a ser alvo de corte, mas sim de reposição de peças nos respetivos gabaritos, o número máximo de peças possíveis de ser cortadas de uma só vez corresponde a metade dos valores apresentados na Tabela 15.

A viabilidade aqui apresentada assume o pressuposto que a máquina não para de cortar. Isto em termos práticos significa que o operador tem tempo e capacidade para repor todas as peças nos respetivos gabaritos, enquanto a máquina opera do outro lado da mesa, e vice-versa, sequencialmente. De salientar que a tarefa de reposição de peças pode ser morosa, em função do número de peças que cada metade da mesa acolher.

Os tempos de ciclo fornecidos pelo fabricante, e verificados na visita às suas instalações, permitiram a quantificação do número de peças que a máquina iria cortar por hora. Estas cadências foram obtidas usando uma determinada referência de peça como referência de cálculo para as cadências das outras peças todas, uma vez que o fornecedor não deu qualquer indicação. O cálculo das cadências, em peças por hora, está representado na equação 4.9.

$$\left( \frac{3600}{\left( \frac{\text{tempo total} \times 7,5}{17,1} \right)} \right) \times (1 - \text{fator de alocação}) = \text{cadência horária} \quad (4.9)$$

Onde:

Tempo total, é o tempo total por peça, nas máquinas atuais, para a referência de peça a determinar a cadência, em segundos

17,1, é o tempo total por peça, nas máquinas atuais, da referência de peça usada como referência de cálculo, em segundos, e

7,5, corresponde ao tempo de ciclo de corte da referência de cálculo na máquina proposta, em segundos

Para as referências cortadas na máquina 4, Serra de Disco Manual, o tempo de esmerilagem do excesso de jito é zero, logo o valor de 17,1 presente na equação 4.8, é substituído pelo tempo de corte da peça usada como referência para a determinação das cadências, de valor 8,3 segundos.

Os custos anuais, em euros, foram obtidos através da equação 4.10.

$$\text{custos anuais} = \left( \frac{\text{custos produtivos}}{\text{cadências}} \right) \times \text{volume anual de peças} \quad (4.10)$$

Aos custos produtivos, neste caso aplicados na equação 4.9, além do custo de 17,96€/hora da STA referido anteriormente, adiciona-se o custo de funcionamento da máquina (ver subcapítulo 3.12.2), resultando assim num custo produtivo de 34,96€ por hora.

A poupança anual, é calculada pela diferença entre os custos anuais com a nova máquina e os custos anuais atuais da STA. Uma vez que os tempos indicados pelo fornecedor não apresentam qualquer discrepância, na análise da viabilidade apenas se considerou um cenário possível, tido como base. O valor monetário do investimento utilizado nesta análise, de 141.500,00€, corresponde à hipótese em que a dimensão da mesa de corte é de 1500x3000mm, pelo facto de esta representar o orçamento mais baixo.



A viabilidade foi calculada tendo em conta 3 referências de peças, nomeadamente aquelas com as maiores poupanças verificadas, indicadas na Tabela 16.

Tabela 16 - Poupança anual total

Referência	Poupança
BASE 4000-214.1	13.893,55 €
MAN.3253/1	652,87 €
MAN.74012.2	975,10 €
<b>Poupança Total</b>	<b>15.521,53 €</b>

A Tabela 16 indica que a poupança anual obtida é de 15.521,53€. A Tabela 17 indica o *cash flow* gerado e acumulado durante um período de 10 anos.

Tabela 17 – *Cash flow* gerado e acumulado para o cenário base

Ano	<i>Cash Flow</i>	CF acumulado
0	-141.500,00 €	-141.500,00 €
1	15.521,53 €	-125.978,47 €
2	15.521,53 €	-110.456,95 €
3	15.521,53 €	-94.935,42 €
4	15.521,53 €	-79.413,89 €
5	15.521,53 €	-63.892,37 €
6	15.521,53 €	-48.370,84 €
7	15.521,53 €	-32.849,31 €
8	15.521,53 €	-17.327,79 €
9	15.521,53 €	-1.806,26 €
10	15.521,53 €	13.715,27 €

Os valores relativos ao ano zero, para o CF gerado e o CF acumulado, correspondem ao total do investimento no respetivo equipamento (141.500,00€). Com base na Tabela 18, calculou-se o *Payback* e o VAL, representados na Tabela 18, juntamente com o investimento e a respetiva poupança para a hipótese de serem cortadas as peças indicadas na Tabela 16.

Tabela 18 - Variáveis de decisão para o cenário base

Cenário Base	
Investimento	141.500,00 €
Poupança Anual	15.521,53 €
Período de Recuperação	9,12 anos
Valor Atualizado Líquido	-41.933,58 €

Como é possível verificar na Tabela 18, este investimento tem um período de recuperação de 9 anos e 1 mês, e um valor atual líquido para um período de 10 anos de -41.933,58€, a uma taxa de atualização constante de 10%.

### 4.3 Melhoria Contínua

O estudo de tempos permitiu medir e analisar algumas tarefas que não acrescentam valor à atividade, e assim desenvolveram-se esforços no sentido de impor algumas melhorias nas perdas verificadas mais significativas.

#### 4.3.1 Operações sem valor acrescentado

Ao contrário do corte, que é a única operação que acrescenta valor, as tarefas que representam perdas de produtividade são, nomeadamente, a limpeza da limalha, a mudança dos lotes de peças, o tempo para pegar em mais peças, a lubrificação das ferramentas, e a desobstrução da saída dos jitos. De forma a maximizar a produção, há que minimizar estes tempos, que são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Tempos médios e percentagens da realização de outras tarefas

		Troca de lote		Limpeza da limalha		Lubrificação		Mais peças		Desobstrução	
		Média	%	Média	%	Média	%	Média	%	Média	%
Máq. 1	Serra de Fita			12,2''	1,0			1' 33"	9,5		
Máq. 2	Serra Auto	6' 4"	8,05	1' 26"	5,1	43,9''	3,1			46,2''	5,7
Máq. 3	Balancé	7' 14"	23,25	14,3''	2,1	14,1''	8,4	15,1''	15,8		
Máq. 4	Serra Manual	8' 40"	22	2' 51''	4,5			28,1''	9,2		
Média		7' 19''	17,8	1' 11''	3,2	29''	5,8	45,4''	11,5	46,2''	5,7

A tarefa de limpar a limalha é indispensável para não influenciar a qualidade do corte e para que haja um ambiente limpo no posto de trabalho. De referir que esta limpeza não é a limpeza planeada no fim da utilização da máquina, mas sim uma limpeza superficial e sistemática ao longo do tempo operativo. A percentagem relativa ao tempo total de produção varia entre 1 e 5,1%.

A lubrificação das serras e dos moldes é outra tarefa essencial, e funciona como uma manutenção simplista e contínua ao longo do tempo de produção. A percentagem relativa varia entre 3 e 8,4%, conforme a máquina de corte considerada.

A tarefa de pegar em mais peças dá-se quando o operador pega num conjunto de peças diretamente do lote e as coloca junto dos gabaris. A razão desta ação é o facto de o operador evitar estar sempre a pegar peça a peça diretamente do lote, perdendo tempo e aumentando a carga física ao baixar-se quando o lote já está no fim. Na Figura 27 é possível constatar quanto o operador se tem que curvar para pegar nas peças. Alguns operadores tentam improvisar e encontrar soluções dentro do possível para evitar esta situação, tal como é possível verificar na Figura 27.



Figura 27 e Figura 28 – Operador a curvar-se para agarrar em mais peças e lote colocado em cima de outro

A Figura 28 demonstra o lote a ser cortado inserido num contentor, colocado em cima de um outro contentor, de forma a facilitar a tarefa de agarrar em mais peças. A percentagem relativa mais alta registada a pegar em peças foi de 15% do tempo total de funcionamento.

A Serra de Disco Automática é a única máquina onde se verifica a tarefa de desobstruir a saída dos jitos. Isto acontece porque a caixa onde os jitos vão sendo despejados pela máquina fica cheia com o tempo de produção, e bloqueia a saída dos jitos. A solução passa por distribuir de uma forma mais uniforme os jitos pela caixa, com o uso de uma ferramenta adequada para tal. Registou-se uma percentagem relativa de 5,7%.

O tempo relativo à troca de lote é dado assim que se termina de cortar todos os jitos de um determinado lote, até ao momento em que se posiciona o novo lote para serem cortados os jitos desse novo lote de peças. A Figura 29 permite visualizar as etapas e o percurso que esta tarefa engloba.

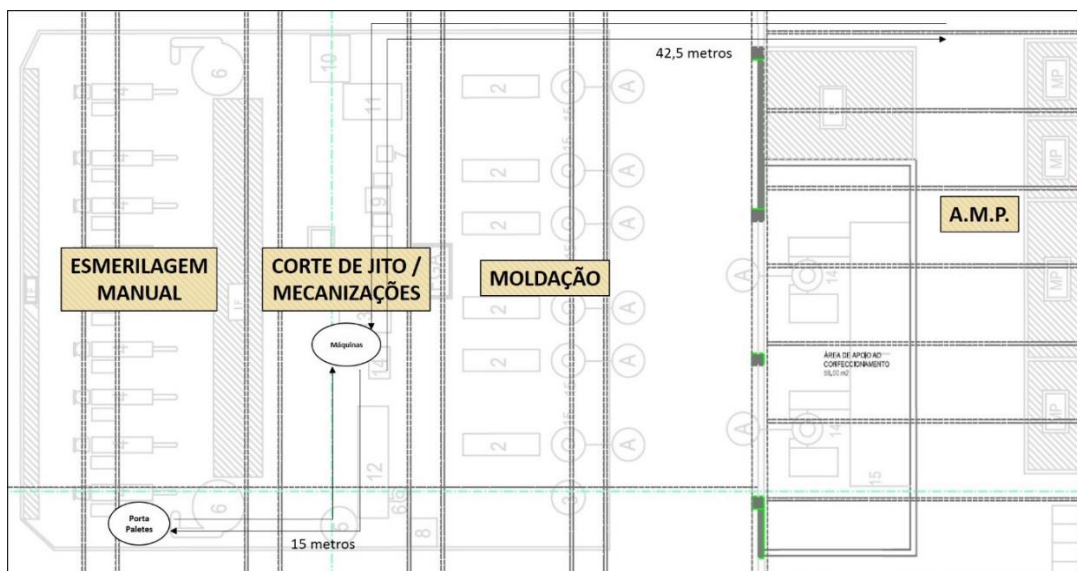


Figura 29 – Esquema representativo da troca de lote

Esta tarefa de mudança de lote, conforme se pode ver na Figura 29, exige que o operador se desloque 15 metros até ao porta-paletes e mais 15 metros até à máquina novamente, empilhe o contentor vazio no porta-paletes, e o transporte até ao armazém de matérias primas. Exige que o operador regresse com o porta-paletes com o próximo lote a ser cortado até à máquina, que se traduz em 85 metros ida e volta, posicione o novo lote no local a ser cortado, e devolva o porta-paletes ao seu local de origem, situado a 15 metros das máquinas de corte. Por vezes, o porta-paletes não está disponível, e o operador tem que se deslocar até outra secção da fábrica e fazer uso do respetivo porta-paletes. A mudança de lote é a tarefa mais crítica, onde se chegaram a registar percentagens relativas ao tempo total operativo na ordem dos 23%.

#### 4.3.2 Melhorias Implementadas

As tarefas de pegar em mais peças e trocar o lote de peças representam as perdas mais significativas, priorizando-se assim na urgência em impor melhorias e consequentemente reduzir os respetivos tempos.

O tempo da tarefa de pegar em mais peças é proporcional à quantidade de peças que o lote contém. Quanto menos peças houver no lote, mais tempo o operador demora a pegar nas peças, devido ao facto do operador ter que se baixar cada vez mais para chegar às peças. Outra consequência de se ter que curvar cada vez mais é o desgaste físico provocado no próprio operador.

O tempo de mudança de lote deve-se muito ao facto de os operários terem que recorrer a um porta-paletes para movimentarem os contentores. Há situações em que o operário do empilhador está disponível para atender de imediato as necessidades do operário da máquina, mas de uma forma geral, a mudança ocorre através do porta-paletes manual.

As melhorias para combater estes desperdícios seriam aumentar a altura dos contentores e colocar rodas, reduzindo assim os tempos de curvar e empilhar, respetivamente. Numa primeira abordagem, percebeu-se que ao implementar rodas nos contentores de peças a altura destes iria aumentar, e com apenas uma única medida, seriam reduzidas duas perdas de produtividade. No entanto, o facto de os contentores serem empilhados em altura no AMP, torna impossível a implementação de rodas nos contentores. Optou-se então por projetar uma estrutura com rodas (Figura 30) que permitisse aos contentores assentarem nesta estrutura (Figura 31).



Figura 30 – Estrutura com rodas





Figura 31 – Lote assente na estrutura projetada

A estrutura foi projetada tendo em conta vários fatores, entre os quais as dimensões dos contentores, o peso máximo que um lote poderá ter, e as condições necessárias para assentar o contentor na estrutura. A estrutura foi projetada tendo em conta as dimensões dos contentores, de forma a garantir que estes assentem na estrutura e tenham a estabilidade necessária para um uso eficaz dos mesmos. Os respetivos desenhos podem ser consultados no Anexo F. As cantoneiras garantem a estabilidade e a prevenção de quedas do contentor, e as rodas são de acordo com o piso do chão de fábrica e com o peso a que estão sujeitas, ambas representadas na Figura 32.



Figura 32 – Rodas e cantoneiras da estrutura projetada

O peso máximo dos lotes definiu-se ao considerar uma das peças mais pesadas. Numa balança obteve-se o peso exato da respetiva peça com jito (2,12 kg), e tendo em conta o número máximo de peças que um contentor consegue carregar para a mesma referência (140 peças com jito), obteve-se um peso de 296,8kg. Sendo 40kg o peso do contentor, e aplicando um fator de segurança de 1,2, o peso máximo dos contentores resultante é de 405kg, sendo este o peso mínimo que a estrutura deve aguentar.

Uma das condições de procedimento de trabalho desde logo estabelecidas é que há necessidade de requerer o empilhador para que este coloque o contentor na estrutura. Só é possível fazer

esta tarefa manualmente sem solicitar o empilhador se o contentor a empilhar estiver vazio, e então seguir primeiro para a moldação e depois para o corte de jito. De notar que a implementação da estrutura com rodas nos contentores não veio trazer mais valias só para o setor de corte, mas também para a moldação, tendo inclusive os próprios operários da moldação reconhecido a ajuda que foi esta medida. A estrutura além de permitir que os operários não se curvem demasiado, permitiu-lhes ter flexibilidade para ajustarem os lotes para posições mais adequadas. Além disso, constatou-se outro facto na moldação, que é a limitação de espaço que o empilhador tem para entrar na secção da moldação e empilhar os lotes, conforme é possível constatar na Figura 33.

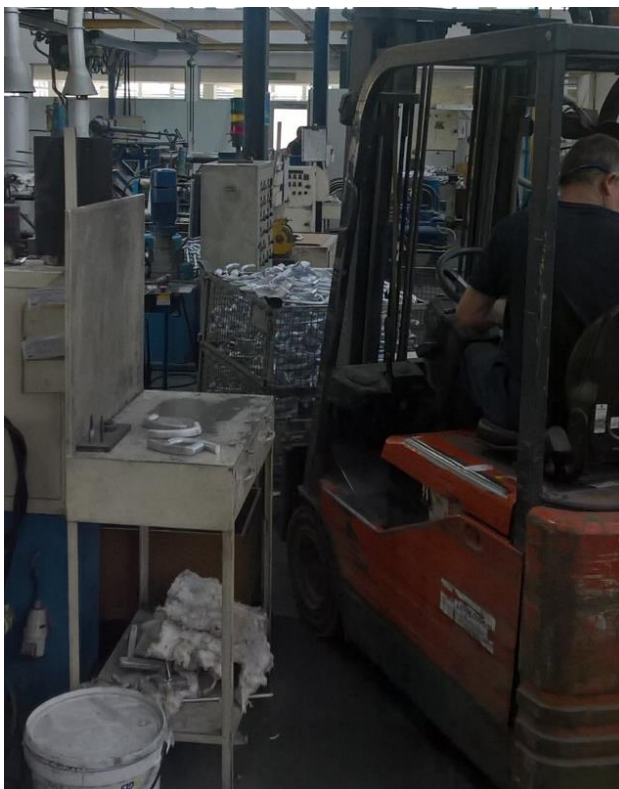


Figura 33 – Operário a tentar empilhar um contentor num espaço relativamente reduzido

Sendo assim, os lotes assentes numa estrutura com rodas constitui uma vantagem para eliminar os constrangimentos acima referidos, sendo também obtidos ganhos de disponibilidade, porque o operário responsável pelo empilhador tem inúmeras tarefas para cumprir dentro da produção, e nem sempre consegue responder a todas as necessidades existentes.

#### 4.3.3 Melhorias Obtidas

Os tempos de mudança de lote com as melhorias implementadas sofreram alterações significativas. Recordando os tempos apresentados na Tabela 6, a média correspondente ao tempo de mudança de lote é de 7 minutos e 19 segundos. Com o uso do carrinho, registaram-se tempos de 1 minuto e 17 segundos refletindo, neste caso, o tempo que o operador demora a deslocar-se desde a máquina 1 até ao AMP com um lote vazio e regressar ao ponto de origem com outro lote cheio. Obtém-se assim uma redução de 82,5% do tempo na mudança de lotes. Reduz também o tempo de ir buscar o porta-paletes, de empilhar o contentor, de desempilhar o contentor, e de ter que colocar o porta-paletes na sua posição de origem.

A mudança de lotes foi a única melhoria quantificada. No entanto a disponibilidade e a flexibilidade dos operários da fundição por coquilha vai ser maior, e o tempo de pegar em mais peças quando o lote já está prestes a terminar também é, garantidamente, alvo de uma redução.

## 5 Conclusão

Os objetivos definidos no início do projeto foram cumpridos. A organização e o planeamento do projeto foram indispensáveis para que todos os objetivos fossem executados dentro do período da dissertação, possibilitando que todo o projeto decorresse de acordo com o cronograma estabelecido.

O facto de se ter contactado atempadamente os fornecedores, numa fase em que o estudo da situação atual ainda não tinha sido elaborado, foi a chave para que na altura de se analisar a viabilidade das propostas, estas já tivessem sido discutidas, definidas, e enviadas pelos respetivos fornecedores. O tempo que demora a procurar fornecedores que fabriquem as máquinas correspondentes e enquadradas no corte de jito da fundição de coquilha da STA, mais o tempo de resposta dos mesmos, o tempo de análise e desenvolvimento das máquinas, o primeiro contacto pessoal e envio das amostras, a visita às instalações dos fabricantes para a verificação das características das máquinas, e o tempo de espera pelo orçamento final, em certos casos pode ser superior ao período do projeto, pelo que ter-se ido em busca desde logo de máquinas alternativas foi uma medida de garantia do sucesso deste projeto.

O elevado número de referências de peças existentes na STA, torna mais complexo o estudo elaborado. A definição das peças a serem estudadas, e a forma como estas ficaram clarificadas e organizadas, através da aplicação do método ABC, foi uma medida que facilitou e encaminhou o projeto no sentido de se cumprir com todos os objetivos, sendo esta uma das conclusões, apesar de simples, mas importante. Outra conclusão a retirar é a importância do conhecimento do processo em si, como base para uma posterior abordagem de um determinado problema. Saber quais as operações e os estados das peças em cada fase produtiva, quais as implicações e considerações em cada posto de trabalho, são aspetos fundamentais para se iniciar um estudo focado num destes setores, e antever e prevenir quaisquer contrariedades.

As análises de risco elaboradas permitem concluir que as máquinas atuais de corte de jito da STA representam perigos iminentes para os respetivos colaboradores, apesar de, até à data, não se ter registado nenhum acidente. Os perigos mais evidenciados são o de corte e/ou esmagamento dos membros superiores, sendo que as máquinas existentes no mercado atual estão preparadas para solucionar este tipo de problemas.

O estudo de tempos é uma ferramenta com um impacto enorme na definição das cadências produtivas. Uma tarefa tão antiga como é a cronometragem, imposta de uma forma moderna e associada a conceitos desenvolvidos para assegurarem a veracidade e a precisão da mesma, permite obter resultados de uma importância acrescida, tais como a produção horária, o levantamento de desperdícios, oportunidades de melhoria, definição de objetivos de produção e qualidade, entre outros.

A medição de indicadores de desempenho das máquinas, segundo a abordagem do OEE, permite olhar e entender todos os tipos de perdas que se verificam nas máquinas. O OEE, além de identificar os vários problemas associados à disponibilidade, produtividade e qualidade das máquinas, categoriza-os permitindo definir quais aqueles que devem ser abordados com mais urgência. Pode-se concluir que para as máquinas abordadas neste projeto, os índices de produtividade são os mais críticos e os que representam as perdas mais significativas no rendimento geral da máquina, indo ao encontro dos objetivos deste projeto.

Uma das conclusões mais evidente é o facto de as tarefas de *rework* representarem perdas de produtividade e custos significativos na produção, sem acrescentarem qualquer valor para o cliente. Os custos obtidos, associados à tarefa de esmerilar o excesso de jito, demonstram precisamente isso.

A visita às instalações dos fornecedores é extremamente importante na análise da viabilidade de equipamentos, sendo estes representativos de um investimento considerável, pois as decisões finais vão influenciar a curto ou longo prazo a atividade operacional de uma empresa. Apenas nas visitas, ao visualizar diretamente as respetivas máquinas a trabalhar, se conseguiu identificar alguns aspetos que não tinham sido mencionados pelos fabricantes, além de permitir comunicar diretamente com os fornecedores e otimizar e modelar o funcionamento da máquina de acordo com as pretensões da STA.

Como resposta ao objetivo principal, a conclusão da análise da viabilidade das máquinas propostas, é apresentada sobre as suas diferentes variáveis.

A máquina do Fornecedor Usual da STA é aquela com o menor período de recuperação do investimento, correspondendo num cenário médio, a 3 anos e 9 meses, no caso em que são consideradas apenas duas peças para o corte de jito. O VAL correspondente a esta alternativa, apesar de não corresponder ao maior valor verificado, tem uma diferença mínima de 27€ relativamente à alternativa que sustem o melhor VAL. O VAL para a hipótese apresentada assume o valor de 12.020,17€, o que significa que o somatório dos *cash flows* gerados, atualizados à taxa de custo de capital do projeto, é superior ao custo de investimento.

Os tempos de corte por peça verificados na máquina proposta pelo Fornecedor alternativo são bastante mais baixos relativamente aos atuais e aos da proposta do Fornecedor Usual da STA, mas não garantem que esta será a máquina mais viável. Apesar da máquina proposta pelo Fornecedor alternativo conseguir a poupança anual mais elevada de entre todas as propostas, com o valor de 15.521,53€, os custos de produção da máquina condenam a viabilidade da mesma, acabando por ser rejeitada, devido ao elevado período de retorno daí resultante, que ultrapassa os limites aceitáveis neste tipo de projetos. O próprio VAL tem um valor negativo de 41.933,58€, sendo outro fator que automaticamente rejeita esta máquina.

Conclui-se que a implementação da estrutura com rodas projetada para otimizar as tarefas de troca de lote e de agarrar em mais peças no corte de jito representa uma mais valia nesse mesmo sentido. Estas melhorias garantiram ganhos nos tempos de produtividade, uma maior disponibilidade dos operários do setor da moldação e do corte de jito, e uma maior flexibilidade de trabalho.



## Referências

- Barnes, Ralph M.. 1958. “Estudio de movimientos y tiempos” Madrid: Aguilar.
- Campbell, John. 2011. “Complete casting handbook: metal casting processes, metallurgy, techniques and design”, 1ª edição, Amsterdam: Elsevier.
- Coimbra, A. Euclides. 2013. “Kaizen in logistics and supply chains”, New York: McGraw-Hill Education.
- Ferreira, J. Carvalho. 1999. “Tecnologia da Fundição”, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Freitas, L. Conceição. 2016. “Manual de Segurança e Saúde do Trabalho”, 3ª Edição, Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
- Hansen, Robert C.. 2001. “Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits”, New York: Industrial Press.
- Imai, Massaki. 1996. “Gemba Kaizen: Estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica”, São Paulo: IMAM.
- INSHT, nº NTP 330. 1993. “Simplified Method for evaluating Accident Risks”.
- Ishiwata, Junichi. 1991. “IE for the Shop Floor - Productivity Through Process Analysis”, Portland, OR: Productivity Press.
- Jacobs, F. Robert, Richard B. Chase e Rhonda R. Lummus. 2011. “Operations and supply chain management”, New York: McGraw-Hill.
- Lambert, Douglas M., James Stock e Lisa Ellram. 1998. “Fundamentals of Logistics Management”, Boston: McGraw Hill.
- Lopes, Maria Dulce Soares. 2014. “Elaboração e análise de projetos de investimento”, 3ª edição, Porto: FEUP.
- Manual Pedagógico PRONACI. 2003. “Métodos e Tempos”, Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias, Exertus, Lda.
- Marques, Albertino. 1998. “Concepção e análise de projectos de investimento”, Lisboa: Edições Sílabo.
- Meyers, Fred E. e James R. Stewart. 2002. “Motion and time study for lean manufacturing”, Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Miguel, Alberto Sérgio S. R.. 2002. “Manual de higiene e segurança no trabalho”, Porto: Porto Editora.
- Nakajima, S. 1990. “Total Productive Maintenance”, International Seminars on Advanced Technology.
- Pedro, Ricardo. 2006. “Métodos de Avaliação e Identificação de Riscos nos Locais de Trabalho”; TECNOMETAL n.º 167.
- Slack, Nigel, Stuart Chambers, Christine Harland, Alan Harrison e Robert Johnston. 1995. “Operations Management”, London: Pitman Publishing.
- Torre, Jorge. 2004. “Manual prático de fundição e elementos de prevenção da corrosão” São Paulo: Hemus. Título original: “Manual moderno de fundicion”.

## ANEXO A: Significado do Método Simplificado de Avaliação de Riscos

O risco é, em termos gerais, o resultado do produto da probabilidade pela severidade. Tendo em atenção que estando no campo dos acidentes laborais, a probabilidade traduz a medida de desencadeamento do acontecimento inicial. Integra em si a duração/exposição das pessoas ao perigo e as medidas preventivas existentes. Assim sendo, pode-se afirmar que a probabilidade é função do nível de exposição e do conjunto das deficiências (que é o oposto das medidas preventivas existentes para os fatores em análise) que contribuem para o desencadear de um determinado acontecimento não desejável (Pedro, 2006).

No desenvolvimento do método não se aplicam valores absolutos, mas antes intervalos discretos pelo que se utiliza o conceito de nível. Assim, o nível de risco (NR) será função do nível de probabilidade (NP) e do nível de consequências (NC) (Pedro, 2006).

O departamento de Higiene e Segurança da STA aplica o método simplificado de avaliação de riscos em conformidade com as magnitudes apresentadas por Pedro (2006), que correspondem também às magnitudes aplicadas neste projeto.

Designa-se por nível de deficiência (ND), ou nível de ausência de medidas preventivas, a magnitude esperada entre o conjunto de fatores de risco considerados e a sua relação causal direta com o acidente. A Tabela 20 enquadra a avaliação num determinado nível de deficiência.

Tabela 20 - Avaliação num determinado nível de deficiência (Pedro, 2006)

Nível de Deficiência	ND	Significado
Aceitável (A)	1	- Não foram detetadas anomalias. - O perigo está controlado.
Insuficiente (I)	2	- Foram detetados fatores de risco de menor importância. - É de admitir que o dano possa ocorrer algumas vezes.
Deficiente (D)	6	- Foram detetados alguns fatores de risco significativos. - O conjunto de medidas preventivas existentes tem a sua eficácia reduzida de forma significativa.
Muito Deficiente (MD)	10	- Foram detetados fatores de risco significativos. - As medidas preventivas existentes são ineficazes. - O dano ocorrerá na maior parte das circunstâncias.

O nível de exposição é uma medida que traduz a frequência com que se está exposto ao risco. A Tabela 21 enquadra-nos a avaliação num determinado nível de exposição.

Tabela 21 - Avaliação num determinado nível de exposição (Pedro, 2006)

Nível de Exposição	NE	Significado
Esporádica	1	Uma vez por ano ou menos e por pouco tempo (minutos).
Pouco Frequente	2	Algumas vezes por ano e por período de tempo determinado.
Ocasional	3	Algumas vezes por mês.
Frequente	4	Várias vezes durante o período laboral, ainda que com tempos curtos – várias vezes por semana ou diário.
Continuada Rotina	5	Várias vezes por dia com tempo prolongado ou continuamente.

O nível de probabilidade é determinado em função das medidas preventivas existentes e do nível de exposição ao risco, e a sua avaliação num determinado nível de probabilidade é apresentada na Tabela 23. Pode ser expresso num produto de ambos os termos, apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 - Relação entre o ND e o NE (Pedro, 2006)

			Nível de Exposição				
			Esporádica	Pouco Frequente	Ocasional	Frequente	Continua
			1	2	3	4	5
Nível de Deficiência	Aceitável	1	1	2	3	4	5
	Insuficiente	2	2	4	6	8	10
	Deficiente	6	6	12	18	24	30
	Muito Deficiente	10	10	20	30	40	50
	Deficiência Total	14	14	28	42	56	70

Tabela 23 - Avaliação num determinado nível de probabilidade (Pedro, 2006)

Nível de Probabilidade	NP	Significado
Muito Baixa	[1;3]	Não é de esperar que a situação perigosa se materialize, ainda que possa ser concebida.
Baixa	[4;6]	A materialização da situação perigosa pode ocorrer.
Média	[8;20]	A materialização da situação perigosa é passível de ocorrer pelo menos uma vez com danos.
Alta	[24;30]	A materialização da situação perigosa pode ocorrer várias vezes durante o período de estudo.
Muito Alta	[40;70]	Normalmente a materialização da situação perigosa ocorre com frequência.

O nível de severidade do dano refere-se ao dano mais grave que é razoável esperar de uma ocorrência envolvendo o perigo avaliado, apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 - Avaliação num determinado nível de severidade (Pedro, 2006)

Níveis de Severidade	NS	Significado	
		Danos Pessoais	Danos Materiais
Insignificante	10	Não há danos pessoais	Pequenas perdas materiais nas empresas
Leve	25	Pequenas lesões que não requerem hospitalização. Apenas primeiros socorros	Reparação dos danos, sem paragem da atividade das empresas.
Moderado	60	Lesões com incapacidade transitória. Requerem tratamento médico	Requer a paragem das atividades para efetuar a reparação nas empresas
Grave	90	Lesões graves que podem ser irreparáveis.	Destruição parcial do sistema em estudo (reparação complexa e onerosa)
Mortal ou catastrófico	155	Um morto ou mais. Incapacidade total ou permanente	Destruição de um ou mais sistemas (difícil renovação / reparação).

O nível de risco será o resultado do produto do nível de probabilidade pelo nível de severidade e que pode apresentar-se na Tabela 25.

Tabela 25 - Relação entre o NP e o NS (Pedro, 2006)

				Não é de esperar que o risco se materialize		A materialização do risco pode ocorrer.		A materialização do risco é passível de ocorrer		A materialização do risco pode ocorrer várias vezes durante o período de actividades		A materialização ocorre com frequência.	
		N S	N P	1 a 3		4 a 6		8 a 18		24 a 30		40 a 70	
Pessoas	Material												
Não há danos pessoais.	Pequenas perdas de material.	10		10	30	40	60	80	180	240	300	400	700
Pequenas lesões que não requerem hospitalização.	Reparação sem paragem das actividades.	25		25	75	100	150	200	450	600	750	1000	1750
Lesões com incapacidade temporária.	Requer a paragem das actividades para efectuar a reparação.	60		60	180	240	360	480	1080	1440	1800	2400	4200
Lesões graves que podem ser irreparáveis.	Destruição parcial do sistema em estudo (reparação complexa e onerosa).	90		90	270	360	540	720	1620	2160	2700	3600	6300
Um morto ou mais. Incapacidade total ou permanente.	Destruição de um ou mais sistemas (difícil renovação / reparação).	155		155	465	620	930	1240	2790	3720	4650	6200	10850

## ANEXO B: Folhas de cálculo do estudo de uma referência de peça

O anexo B apresenta as folhas de cálculo usadas na determinação das cadências das peças estudadas, neste caso apenas para uma referência de peça, o MAN. 82000-2AG. As folhas de cálculo estruturadas são quatro, nomeadamente os registos, os cálculos dos tempos de corte, os cálculos dos tempos de esmerilagem, e os resultados.

A folha Registos, é onde se regista todos os dados recolhidos das amostras das respetivas cronometragens, quer do processo de corte, quer do processo de esmerilagem. Nas folhas Cálculo de corte e Cálculo de esmerilagem, apresentadas nas Tabelas 26 e 27 respetivamente, são determinadas o número de cronometragens mínimas para validar os tempos de ciclo segundo a equação de Meyers e Stewart, após a recolha de uma amostra de 15 cronometragens. Cada uma das Tabelas 26 e 27 apenas apresentam o estudo de uma amostra, referidas como a 1ª contagem.

Tabela 26 - Folha Cálculo do tempo de corte

1ª CONTAGEM				1.			
TEMPOS	SEGUNDOS	MINUTOS	DESCRIÇÃO	N=	21,8	# cronometragens	22
1.	19,57			R=	7,01	Média	17,1
2.	21,02			máx	21,0	Desvio Padrao	2,56
3.	15,98			mín	14,0		
4.	16,89			A=	0,05		
5.	15,32			d2=	3,472		
6.	34,63			x=	17,3		
7.	17,83			n=	15		
8.	16,25						
9.	18,8						
10.	18,1						
11.	14,01						
12.	18,1						
13.	15,9						
14.	17,33						
15.	15,48						
16.	18,75						
17.	14,49						
18.	16,17						
19.	25						
20.	14,57						
21.	16,85						
22.	16,04						
23.	13,77						

Tabela 27 - Folha Cálculo do tempo de esmerilagem

1ª CONTAGEM - Ricardo				1.			
TEMPOS	SEGUNDOS	MINUTOS	DESCRIÇÃO	N=	18,8	# cronometragens	20
1.	10,12			R=	3,9	Média	10,2
2.	10,67			máx	12,9	Desvio Padrao	0,89
3.	9,75			mín	9,0		
4.	11,18			A=	0,05		
5.	12,93			d2=	3,472		
6.	9,6			x=	10,4		
7.	9,67			n=	15		
8.	10,17						
9.	9,03						
10.	10,77						
11.	11,15						
12.	9,9						
13.	9,89						
14.	10,67						
15.	9,98						
16.	10,21						
17.	9,8						
18.	9,54						
19.	9,81						
20.	8,85						

O *software* Minitab dispõe de uma ferramenta para a identificação de *outliers*, ou seja, identificação de valores que não apresentam qualquer coerência com os restantes valores para um determinado conjunto de dados. Esta ferramenta foi aplicada para todos os cálculos, e no caso do MAN. 82000-2AG, foi encontrado um *outlier* no cálculo dos tempos de corte da Tabela 26, conforme está apresentado na Figura 34.

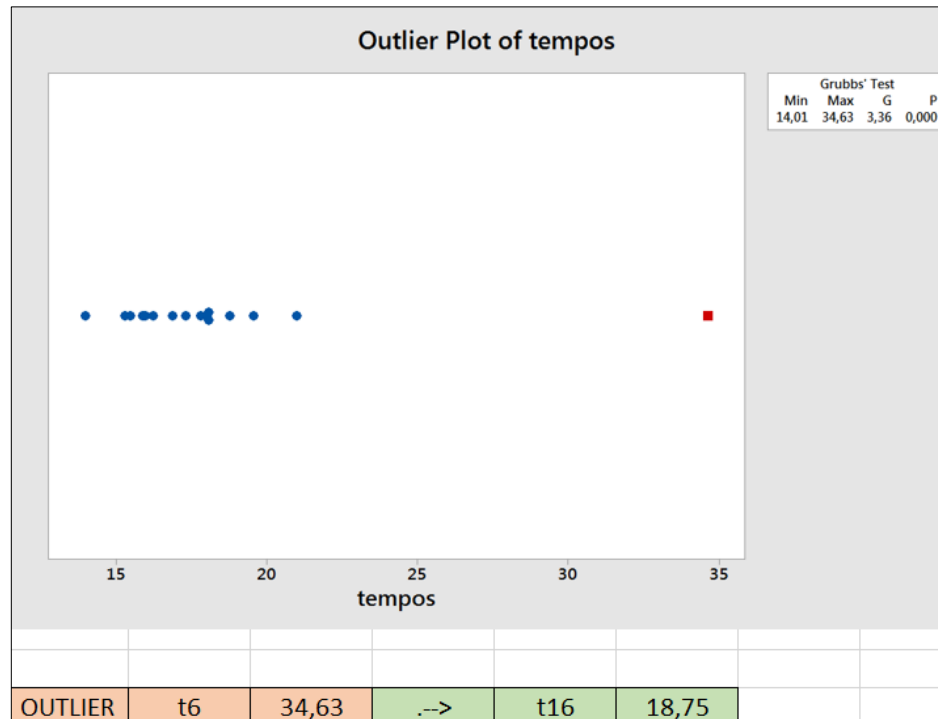


Figura 34 - Teste de *outliers*

Como é possível verificar na Figura 34, foi encontrado um *outlier* na análise dos tempos de corte recolhidos relativamente ao MAN. 82000-2AG. O tempo de 18,75 segundos substitui o valor encontrado fora dos limites, e completa assim as 15 cronometragens para posteriormente ser determinado o tamanho mínimo da amostra. Na Tabela 26, é possível verificar que o valor do número mínimo de cronometragens corresponde a 21,8 cronometragens.

Na folha Resultados da Figura 35 e da Figura 36 são apresentados os tempos de ciclo final do corte e da esmerilagem, respetivamente, e que correspondem à média entre todas as cronometragens efetuadas.

DADOS		
Máquina	1	Serra Fita
Operário	Lúcia	
Operação	Corte Jito	
PEÇA:	2G0162 MAN.82000-2AG	
Código		
Designação		
FATOR DE ATIVIDADE - FA		
Destreza	B2	0,08
Esforço	A2	0,12
Condições	C	0,02
Consistência	C	0,01
Total		0,23
Fator de Ritmo		123%
NECESSIDADES PESSOAIS, FADIGA E ATRASOS INEVITÁVEIS		
Standard		13%

CORTE	
Tempo ciclo	16,6
Tempo Normal	20,5
peças/hora (ideal)	433
peças/hora (real)	330
Diferença	103
MÉDIA DAS PEÇAS ESTUDADAS	
% outras tarefas	12,47%
1 gito = 2 peças	
Tempo por peça	17,1 segundos

Figura 35 - Folha Resultados para o corte

DADOS		
Máquina	Lixa	100
Operário	Ricardo	
Operação	Limagem Jito	
PEÇA:		
Código	2G0162	
Designação	MAN.82000-2AG	
FATOR DE ATIVIDADE - FA		
Destreza	C1	0,06
Esforço	B1	0,1
Condições	C	0,02
Consistência	C	0,01
Total		0,19
Fator de Ritmo		119%
NECESSIDADES PESSOAIS, FADIGA E ATRASOS INEVITÁVEIS		
Standard		13%
ESMERILAGEM		
Tempo ciclo	10,8	
Tempo Normal	12,9	
ESMERILAGEM		
Tempo ciclo médio	8,8	
Peças/hora (ideal)	408	
Pecas/hora (real)	356	

DADOS		
Máquina	Lixa	100
Operário	Augusto	
Operação	Limagem Jito	
PEÇA:		
Código	2G0162	
Designação	MAN.82000-2AG	
FATOR DE ATIVIDADE - FA		
Destreza	B2	0,08
Esforço	B1	0,1
Condições	C	0,02
Consistência	D	0
Total		0,2
Fator de Ritmo		120%
NECESSIDADES PESSOAIS, FADIGA E ATRASOS INEVITÁVEIS		
Standard		13%
ESMERILAGEM		
Tempo ciclo	6,8	
Tempo Normal	8,2	
ESMERILAGEM		
Tempo ciclo médio		
Peças/hora (ideal)		
Pecas/hora (real)		

Figura 36 - Folha Resultados para a esmerilagem

Analisando a Figura 35 e a Figura 36, o tempo de ciclo de corte obtido é de 16,6s. A importância de referir o número de peças por jito, deve-se ao facto de o tempo de ciclo por peça corresponder exactamente à razão entre o tempo de ciclo obtido e o número de peças por jito. Como no processo de esmerilagem, cada peça corresponde a um ciclo, porque são esmeriladas uma a uma, então já não há necessidade de considerar o número de peças por jito. Neste caso do MAN. 82000-2AG, cada jito contém duas peças, logo o tempo de ciclo de corte por peça corresponde a 8,3s, que somado ao tempo de ciclo da esmerilagem com valor de 8,8s, obtém-se o tempo total por peça, de 17,1s.

O cálculo das cadências é referido no capítulo 3.10, segundo a equação 3.1. No caso do MAN. 82000-2AG, a percentagem de outras tarefas não foi medida, tendo sido atribuído o valor de 12,47%, que corresponde à média das percentagens obtidas nas peças estudadas neste projeto, e apenas para aquelas cortadas na máquina 1, sendo a máquina de corte do MAN.82000-2AG.



## ANEXO C: Lista de Tempos e Cadências para as Máquinas 2, 3 e 4

O anexo C apresenta os tempos e as cadências das máquinas 2, 3, e 4, representados nas Tabelas 28, 29 e 30, respetivamente. Os tempos e as cadências relativos à máquina 1 estão no capítulo 3.10.

Tabela 28 – Lista de tempos e cadências da máquina 2

Artigo	Designação	ABC	Máquina de corte	Peças por gito	Tempo corte / peça	Tempo maquinação / peça	% de outras tarefas	Tempo total / peça	Quantid. realizada total	Cadências (peças/hora)	Cadências maquinação (peças/hora)
2G0133	BASE 4000-214.1	A	2	4	38,1	45,1	9,94%	83,2	41625	74	69
2G0029	ESP.3253/2 SA	A	2	1	16,3		10,80%	16,3	15333	177	
2G0026	ESP.3252/2	A	2	1	17		9,38%	17	10284	173	
Média					23,8		10,04%				

Tabela 29 – Lista de tempos e cadências da máquina 3

Artigo	Designação	ABC	Máquina de corte	Peças por gito	Tempo corte / peça	Tempo esmerilagem / peça	% de outras tarefas	Tempo total / peça	Quantid. realizada total	Cadências corte (peças/hora)	Cadências esmerilagem (peças/hora)
2G0093	MAN.10912/1	A	3	3	4	5	18,79%	9	10870	636	626
2G0002	MAN.10913/1 SA	A	3	2	4,2	5	19,00%	9,2	9760	604	626
2G0126	MAN. 1E 10938 SA	B	3	3	6,9	5	18,90%	11,9	9230	368	626
2G0171	MAN.10273.27	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	4300	697	626
2G0025	MAN. 6960.1	C	3	3	2,9	5	13,80%	7,9	3945	931	626
2G0015	PUX. 5260 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	3206	697	626
2G0170	MAN.10273.26 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	2150	697	626
2G0037	MAN.10273.14 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	1957	697	626
2G0014	PUX.5279 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	1574	697	626
2G0013	PUX.5278 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	657	697	626
2G0059	CABIDE 2187 SA	C	3	1	3,7	5	17,62%	8,7	297	697	626
Média					4,5	5	17,62%				

Tabela 30 - Lista de tempos e cadências da máquina 4

Artigo	Designação	ABC	Máquina de corte	Peças por gito	Tempo corte / peça	Tempo esmerilagem / peça	% de outras tarefas	Tempo total / peça	Quantid. realizada total	Cadências corte (peças/hora)
2G0017	MAN.1907-211.2	A	4	4	5,5	0	21,10%	5,5	32894	449
2G0140	BATENTE 6500AG/1 SA	A	4	4	4,9	0	5,60%	4,9	31984	603
2G0166	MAN.1907/211.2 CYL	A	4	4	5,2	0	13,35%	5,2	9750	522
2G0139	MAN.821/1-2 SA	B	4	4	5,2	0	13,35%	5,2	6085	522
2G0208	MAN.11569/1	C	4	4	5,2	0	13,35%	5,2	930	522
2G0132	MAN.1907/210.2 SA	C	4	4	5,2	0	13,35%	5,2	40	522
Média					5,2	insignificante	13,35%			

## ANEXO D: Lista de Custos para as Máquinas 2, 3 e 4

O anexo D apresenta os custos produtivos das máquinas 2, 3, e 4, representados nas Tabelas 31, 32, e 33, respetivamente. Os custos relativos à máquina 1 estão no capítulo 4.1, na Tabela 10.

Tabela 31 - Custos anuais da máquina 2

Artigo	Designação	ABC	Máquina de corte	Pecas por gito	Tempo corte / peça	Tempo maquinaagem / peça	% de outras tarefas	Tempo total / peça	Quantid. realizada total	Cadências corte (peças/hora)	Cadências maquinaagem (peças/hora)	Custos Anuais Atuais (corte)	Custos Anuais Atuais (limpar e facejar)	Custos Anuais Atuais
2G0133	BASE 4000-214.1	A	2	4	38,1	45,1	9,94%	83,2	41625	74	69	10.097,92 €	10.765,03 €	20.862,95 €
2G0029	ESP.3253/2 SA	A	2	1	16,3		10,80%	16,3	15333	177		1.555,82 €		1.555,82 €
2G0026	ESP.3252/2	A	2	1	17		9,38%	17	10284	173		1.067,63 €		1.067,63 €
Total														

Tabela 32 - Custos anuais da máquina 3

Artigo	Designação	ABC	Máquina de corte	Pecas por gito	Tempo corte / peça	Tempo esmerilagem / peça	% de outras tarefas	Tempo total / peça	Quantid. realizada total	Cadências corte (peças/hora)	Cadências esmerilagem (peças/hora)	Custos Anuais Atuais (corte)	Custos Anuais Atuais (esmerilagem - rework)	Custos Anuais Atuais
2G0093	MAN.10912/1	A	3	3	4	5	18,79%	9	10870	636	626	307,02 €	311,66 €	618,68 €
2G0002	MAN.10913/1 SA	A	3	2	4,2	5	19,00%	9,2	9760	604	626	290,20 €	279,84 €	570,04 €
2G0126	MAN. 1E 10938 SA	B	3	3	6,9	5	18,90%	11,9	9230	368	626	450,31 €	264,64 €	714,95 €
2G0171	MAN.10273.27	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	4300	697	626	110,75 €	123,29 €	234,04 €
2G0025	MAN. 6960.1	C	3	3	2,9	5	13,80%	7,9	3945	931	626	76,11 €	113,11 €	189,22 €
2G0015	PUX. 5260 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	3206	697	626	82,57 €	91,92 €	174,50 €
2G0170	MAN.10273.26 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	2150	697	626	55,38 €	61,64 €	117,02 €
2G0037	MAN.10273.14 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	1957	697	626	50,40 €	56,11 €	106,52 €
2G0014	PUX.5279 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	1574	697	626	40,54 €	45,13 €	85,67 €
2G0013	PUX.5278 SA	C	3	2	3,7	5	17,62%	8,7	657	697	626	16,92 €	18,84 €	35,76 €
2G0059	CABIDE 2187 SA	C	3	1	3,7	5	17,62%	8,7	297	697	626	7,65 €	8,52 €	16,17 €
Total														2.862,55 €

Tabela 33 - Custos anuais da máquina 4

Artigo	Designação	ABC	Máquina de corte	Pecas por gito	Tempo corte / peça	Tempo esmerilagem / peça	% de outras tarefas	Tempo total / peça	Quantid. realizada total	Cadências corte (peças/hora)	Custos Anuais Atuais (corte)	Custos Anuais Atuais (esmerilagem)	Custos Anuais Atuais
2G0017	MAN.1907-211.2	A	4	4	5,5	0	21,10%	5,5	32894	449	1.314,88 €	-	1.314,88 €
2G0140	BATENTE 6500AG/1 SA	A	4	4	4,9	0	5,60%	4,9	31984	603	952,01 €	-	952,01 €
2G0166	MAN.1907/211.2 CYL	A	4	4	5,2	0	13,35%	5,2	9750	522	335,52 €	-	335,52 €
2G0139	MAN.821/1-2 SA	B	4	4	5,2	0	13,35%	5,2	6085	522	209,40 €	-	209,40 €
2G0208	MAN.11569/1	C	4	4	5,2	0	13,35%	5,2	930	522	32,00 €	-	32,00 €
2G0132	MAN.1907/210.2 SA	C	4	4	5,2	0	13,35%	5,2	40	522	1,38 €	-	1,38 €
Total													

## ANEXO E: Outras Hipóteses de Viabilidade

No anexo E, são apresentadas outras hipóteses de viabilidade, além daquelas apresentadas no capítulo 4.3, e que foram consideradas neste projeto, de forma a determinar qual a alternativa mais viável. O número de referências de peças a serem cortadas nas respectivas máquinas propostas, a percentagem de redução conseguida na esmerilagem, e os diferentes cenários possíveis, são as variáveis associadas às diferentes análises.

As análises de viabilidade A, B, e C, são relativas às máquinas propostas pelo Fornecedor Usual da STA, sendo que o VAL foi calculado para um período de 6 anos, a uma taxa de atualização de 10%.

A hipótese A tem a sua viabilidade apresentada nas Tabelas 34, 35, e 36.

Tabela 34 – Poupança anual para a alternativa A				
Referência	Redução na Esmerilagem			Cenário
	90%	75%		
BASE 4000-214.1	10.121,79 €		otimista	
	8.226,29 €		pessimista	
MAN.3253/1	1.167,39 €	1.133,61 €	otimista	
	516,28 €	482,50 €	pessimista	
MAN.74012.2	376,17 €	350,73 €	otimista	
	-261,43 €	-286,87 €	pessimista	
Poupança Total	11.665,34 €	11.606,12 €	otimista	
	8.481,14 €	8.421,92 €	pessimista	

A hipótese A considera três referências de peças, de acordo com a Tabela 34, sendo apresentado a poupança obtida para as respetivas referências e a poupança total.

Tabela 35 – Variáveis de decisão para um cenário pessimista

Cenário Pessimista	
Investimento	38.500,00 €
Poupança Anual	8.421,92 €
Período de Recuperação	4,57 anos
Valor Atualizado Líquido	-1.820,35 €

A Tabela 35 indica os valores das variáveis de decisão da hipótese A para um cenário pessimista.

Tabela 36 – Variáveis de decisão para um cenário otimista

Cenário Otimista	
Investimento	38.500,00 €
Poupança Anual	11.606,12 €
Período de Recuperação	3,32 anos
Valor Atualizado Líquido	12.047,67 €

A Tabela 36 indica os valores das variáveis de decisão da hipótese A para um cenário otimista.

A hipótese B tem a sua viabilidade apresentada nas Tabelas 37, 38, e 39.

Tabela 37 – Poupança anual para a alternativa B

Referência	Redução na Esmerilagem			Cenário
	90%	75%		
BASE 4000-214.1	10.121,79 €		otimista	
	8.226,29 €		pessimista	
Poupança Total	10.121,79 €	10.121,79 €	otimista	
	8.226,29 €	8.226,29 €	pessimista	

A hipótese B considera uma referência de peças, de acordo com a Tabela 37, sendo apresentado a poupança obtida para as respetivas referências e a poupança total.

Tabela 38 – Variáveis de decisão para um cenário pessimista

Cenário Pessimista	
Investimento	35.500,00 €
Poupança Anual	8.226,29 €
Período de Recuperação	4,32 anos
Valor Atualizado Líquido	297,85 €

A Tabela 38 indica os valores das variáveis de decisão da hipótese B para um cenário pessimista.

Tabela 39 – Variáveis de decisão para um cenário otimista

Cenário Otimista	
Investimento	35.500,00 €
Poupança Anual	10.121,79 €
Período de Recuperação	3,51 anos
Valor Atualizado Líquido	7.802,75 €

A Tabela 39 indica os valores das variáveis de decisão da hipótese B para um cenário otimista.

A hipótese C tem a sua viabilidade apresentada nas Tabelas 40, 41, e 42.

Tabela 40 – Poupança anual para a hipótese C

Referência	Redução na Esmerilagem			Cenário
	90%	75%		
BASE 4000-214.1	10.121,79 €		otimista	
	8.226,29 €		pessimista	
MAN.3253/1	1.167,39 €	1.133,61 €	otimista	
	516,28 €	482,50 €	pessimista	
MAN.74012.2	376,17 €	350,73 €	otimista	
	-261,43 €	-286,87 €	pessimista	
MAN.30000-670.2	205,81 €	196,58 €	otimista	
	-77,52 €	-86,75 €	pessimista	
Poupança Total	11.871,15 €	11.802,70 €	otimista	
	8.403,62 €	8.335,17 €	pessimista	

A hipótese C considera quatro referências de peças, de acordo com a Tabela 40, sendo apresentada a poupança obtida para as respetivas referências e a poupança total.

Tabela 41 – Variáveis de decisão para um cenário pessimista

Cenário Pessimista	
Investimento	40.000,00 €
Poupança Anual	8.335,17 €
Período de Recuperação	4,76 anos
Valor Atualizado Líquido	-3.320,35 €

A Tabela 41 indica os valores das variáveis de decisão da hipótese C para um cenário pessimista.

Tabela 42 – Variáveis de decisão para um cenário otimista

Cenário Otimista	
Investimento	40.000,00 €
Poupança Anual	11.802,70 €
Período de Recuperação	3,44 anos
Valor Atualizado Líquido	10.547,67 €

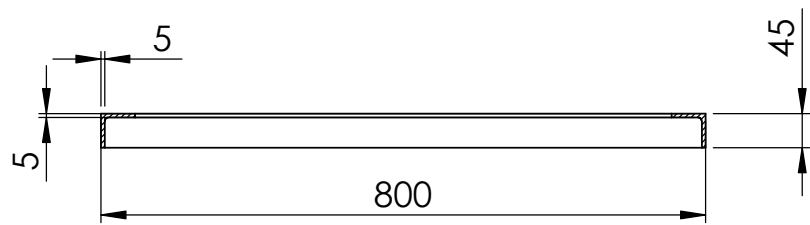
A Tabela 42 indica os valores das variáveis de decisão da hipótese C para um cenário otimista.

## **ANEXO F: Desenho da Estrutura em SolidWorks**

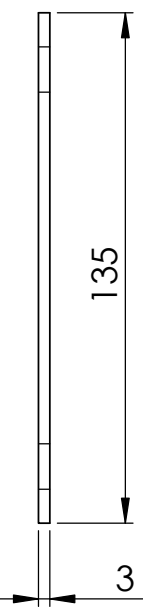
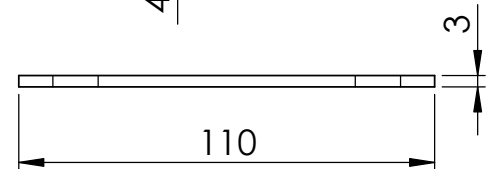
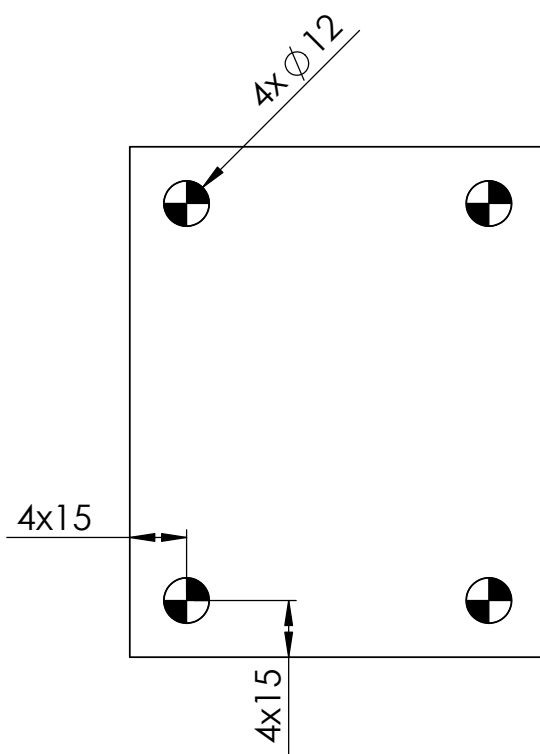
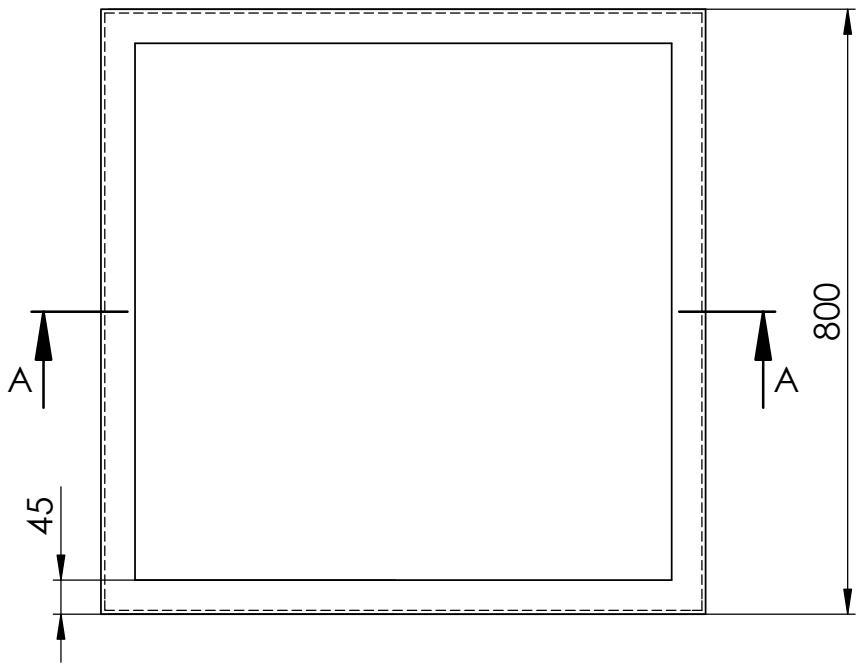
O anexo F apresenta os desenhos técnicos da estrutura e a ficha técnica do fabricante da roda. Os componentes representados são o perfil da estrutura, as chapas de apoio das rodas, e as cantoneiras.

O documento relativo às rodas foi retirado diretamente do catálogo do fornecedor Rollenbau. As rodas foram selecionadas tendo em conta a carga que podem suportar, que como já foi referido, corresponde a 405kg. Distribuindo essa carga pelos 4 apoios, obtém-se 101,25kg para cada roda.

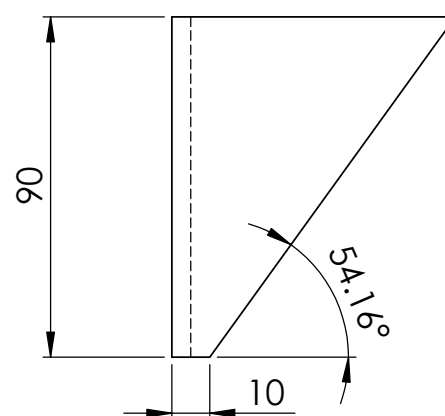
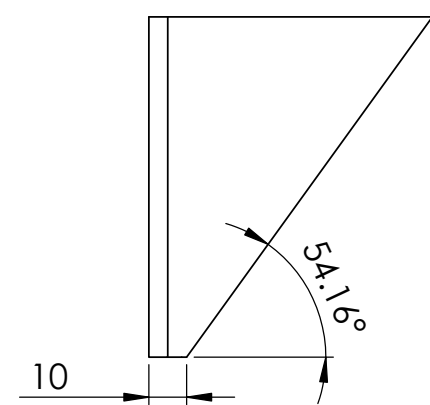




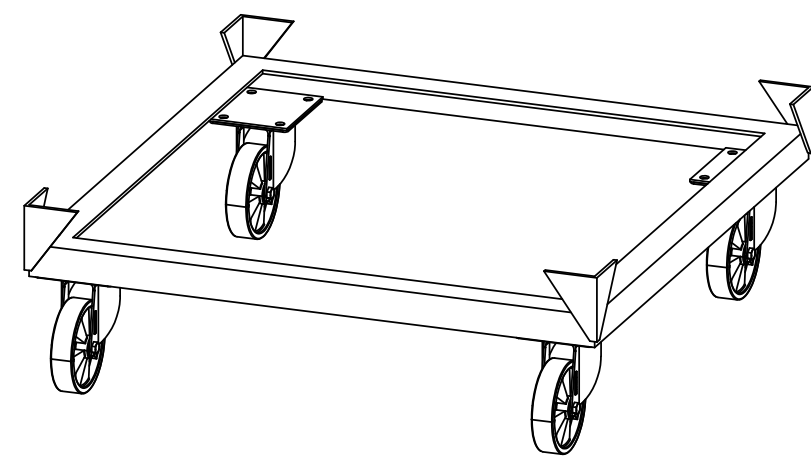
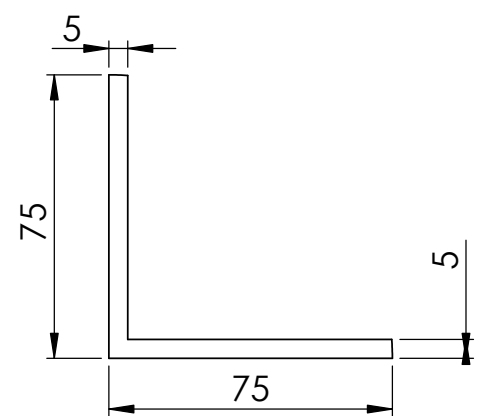
SECÇÃO A-A  
ESCALA 1 : 10



ESCALA 1:2



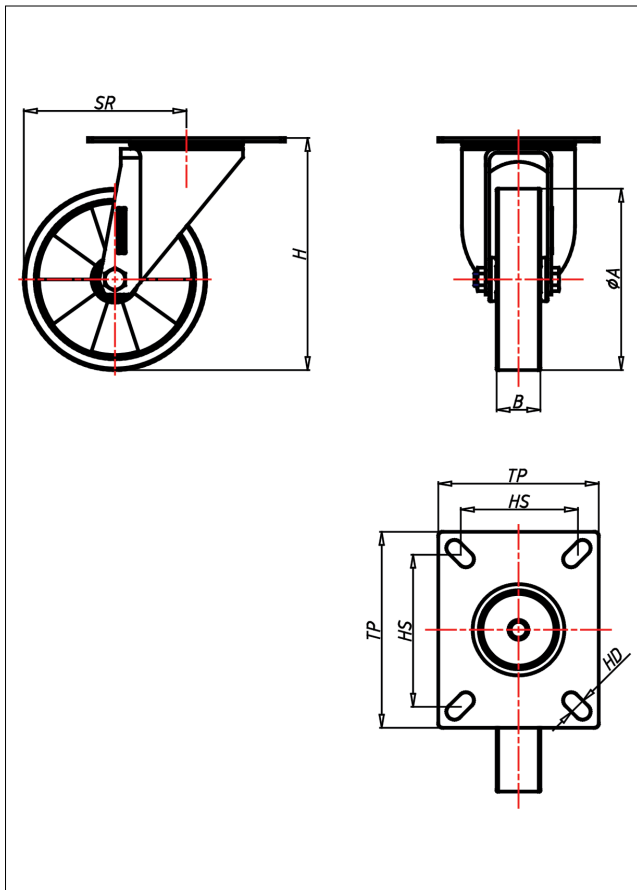
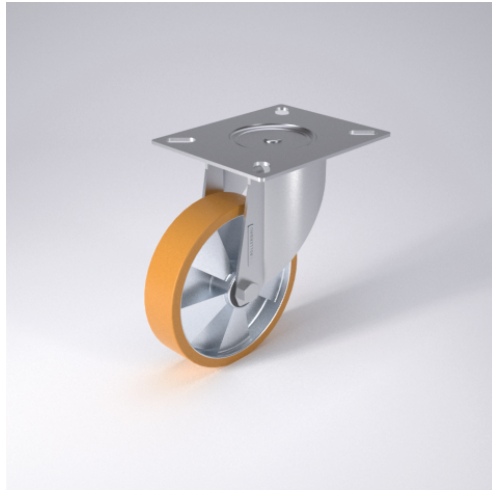
ESCALA 1:2



Projeto							
Desenho							
Cópia							
Verificação							
1:10	ESTRUTURA						EST1
1:2							



# CD/CS/CSS/CL- TLK/TLB Lenkrolle



## CD-TL



LENKROLLE	LENKROLLE MIT TOTALFESTSTELLER	BOCKROLLE															
																	
<ul style="list-style-type: none"><li>• geräuscharmer Lauf</li><li>• geringer Rollwiderstand</li><li>• abrieb- und reißfest</li><li>• hohe Stoßfestigkeit</li><li>• sehr beständig gegen viele aggressive Medien</li></ul> <p>Guss-Polyurethan Felge Spritzguss-Aluminium- Legierung → Seite 250</p> 	 <p>zweifaches Kugellager - vernietet Stahlkugeln gehärtet Dichtungsring, Radachse verschraubt, verzinkt- chrompassiviert → Seite 62</p>	<p>AUSWAHLHILFE:</p> <table><tr><td>leicht lenkend</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>verschleißarm</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>stoßfest</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>bodenschonend</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>witterungsbeständig</td><td>x</td><td>x</td></tr></table>	leicht lenkend	+	+	verschleißarm	x	x	stoßfest	x	x	bodenschonend	x	x	witterungsbeständig	x	x
leicht lenkend	+	+															
verschleißarm	x	x															
stoßfest	x	x															
bodenschonend	x	x															
witterungsbeständig	x	x															

## Technische Details

ORDERNO (Artikel-nummer)	CSS 125 TLB
WDAB (Rad-Ø A x Breite B / mm)	125x30
LC (Tragkraft / kg)	200
H (Bauhöhe H / mm)	160
TP (Plattengröße / mm)	135x110
HS (Lochabstand / mm)	105x80
HD (Loch-Ø / mm)	11
SR (Schwenkradius / mm)	111.5
WB (Radlager)	Rollenlager